Aus der orthopädischen Klinik und Poliklinik
der Freien Universität Berlin (Oskar-Helene-Heim)
Direktor: Professor Dr. med. Günter Friedebold

ZUM KORREKTURVERLUST BEI SPONDYLODESEOPERATIONEN NACH HARRINGTON

INAUGURAL-DISSERTATION
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den
Medizinischen Fachbereichen der Freien Universität Berlin

1975

vorgelegt von
Detlev Thimm
aus Melsungen

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547206_0092

Aus der orthopädischen Klinik und Poliklinik der
Freien Universität Berlin (Oskar-Helene-Heim)
Direktor: Professor Dr. med. Günter Friedebold

ZUM KORREKTURVERLUST BEI SPONDYLODESEOPERATIONEN NACH HARRINGTON

INAUGURAL-DISSERTATION
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den
Medizinischen Fachbereichen der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Detlev Thimm
aus Melsungen

Referent: **Professor Dr. med. Günter Friedebold**
Korreferent: Professor Dr. H. Oeser

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fachbereiche der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 26. September 1975

UNIV. LEIDEN BIBL.

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
0.o	VORWORT	5
1.o	EINLEITUNG: Die Skoliose	5
1.1	Definition und Charakteristika der Skoliose	5
1.2	Klinik der Skoliose	8
1.3	Röntgenuntersuchung	1o
1.3.1	Verlauf und Ausdehnung der Krümmung	1o
1.3.2	Ausprägung der Krümmung	12
1.3.3	Beurteilung einzelner Wirbel	14
1.4	Prognose der Skoliose	15
1.5	Aetiologische Einteilung der Skoliose	19
1.5.1	Die idiopathische Skoliose	19
1.5.2	Die paralytische Skoliose	27
1.6.	Therapie der Skoliose	3o
1.6.1	Behandlungsmethoden	31
1.6.1.1	Konservative Therapie	31
1.6.1.2	Operative Therapie	34
1.6.2	Anwendung und Ergebnisse der Behandlung ...	38
1.6.2.1	Konservative Therapie	38
1.6.2.2	Operative Therapie	41

		Seite
2.o	HAUPTTEIL: Eigene Untersuchung	47
2.1	Vorgehen und Krankengut	47
2.1.1	Behandlungsplan	47
2.1.2	Krankengut	49
2.2	Fragestellung	54
2.2.1	Hypothese 1	55
2.2.2	Hypothese 2	55
2.2.3	Hypothese 3	55
2.3	Methode	56
2.3.1	Zur 1. Hypothese	57
2.3.2	Zur 2. Hypothese	6o
2.3.3	Zur 3. Hypothese	6o
2.4	Ergebnisse	61
2.4.1	Zur 1. Hypothese	61
2.4.2	Zur 2. Hypothese	61
2.4.3	Zur 3. Hypothese	61
3.o	DISKUSSION	69
3.1	Zur 1. Hypothese	69
3.2	Zur 2. Hypothese	75
3.3	Zur 3. Hypothese	76
3.4	Zusammenfassung	78
4.o	LITERATURVERZEICHNIS	79

0.o VORWORT

In der Behandlung schwerer, progredienter Skoliosen werden in vielen Ländern zunehmend operative Verfahren angewendet. Dabei haben sich in den letzten Jahren besonders die Methode und das Instrumentarium von HARRINGTON, die dieser in jahrzehntelanger Arbeit entwickelt hat, durchgesetzt. Seit 2 Jahren wird die HARRINGTON-Methode am OSKAR-HELENE-HEIM in Berlin - aus dem diese Arbeit stammt - durchgeführt. Das wesentlich Neue der Methode besteht darin, daß die prä- und intraoperativ erreichte Korrektur der Wirbelsäulenkrümmung neben der üblichen knöchernen Versteifung durch das Einsetzen eines Metallstabes erhalten werden soll. In diesem Zusammenhang müssen die alten Probleme aller Skolioseoperationen, nämlich des postoperativen Korrekturverlustes und des Wachstums der versteiften Wirbelsäule neu diskutiert werden. Dazu will diese Arbeit mit ihren Beobachtungen beitragen.

1.o EINLEITUNG: Die Skoliose

1.1 Definition und Charakteristika der Skoliose

Als Skoliose bezeichnet man eine seitliche Verbiegung der Wirbelsäule, wenn sie mit bestimmten, weiteren Veränderungen einhergeht. FARKAS (14) zählt vier fundamentale Zeichen der Skoliose auf (zit. nach LINDEMANN,4o, in Kenntnis des Originals):

1. Das quere Auswandern der Wirbelsäule in den freien, sie umgebenden Thoraxraum;
2. die Kontraktur der Wirbelsäule;
3. die Rotation derselben und
4. eine Kompression der Wirbelkörper auf der konkaven Seite der Kurve.

Von einer strukturellen Skoliose spricht man, wenn die Ver-

krümmung der Wirbelsäule durch die Verformung einzelner Wirbelkörper fixiert ist (SCHEIER, 72).

LINDEMANN (4o) betont in Anlehnung an FARKAS (14), daß die Versteifung der Wirbelsäule als wichtiger Schritt bei der Entwicklung der strukturellen Skoliose vor der eigentlichen Verformung der Wirbelkörper auftritt: Zuerst kommt es zu einer fortschreitenden Schrumpfungskontraktur der Muskulatur, sowie des Bandapparates, der Zwischenwirbelscheiben und der Kapseln der Zwischenwirbelgelenke infolge partiellen oder vollständigen Elastizitätsverlustes. "Damit ist die Grundlage für die eigentliche Strukturveränderung gegeben ... . Nunmehr treten abnorme und asymmetrische Druckwirkungen auf die wachsenden Wirbel in Kraft." (LINDEMANN, 4o).

Bei einer Skoliose liegt immer eine Torsion vor (LINDEMANN,4o, SCHEIER,72, u.a.), die - wie schon SCHEDE (7o) sagt - ausnahmslos zur konvexen Seite hin gerichtet ist. LINDEMANN (4o) zieht die Bezeichnung Torsion dem von FARKAS (14) gebrauchten Ausdruck Rotation vor, weil nicht nur eine einfache Drehung der Wirbel um eine Achse erfolgt, sondern zugleich eine Verdrehung der Wirbel in sich, die zu typischen asymmetrischen Formveränderungen der Wirbel selbst führt, welche die Wirbelkörper, Bögen, Wirbelgelenke und Dornfortsätze in unterschiedlichem Ausmaß betreffen (ENNEKING,12, FARKAS,14, SCHULTHESS,77, u.a.). SCHULTHESS (77) sprach von einer Drehung hauptsächlich der im Scheitelpunkt gelegenen Wirbel, wogegen sich nach ROAF (65) die Torsion der Wirbel in den Übergangsabschnitten der Krümmung abspiele, während die apikalen Wirbel oftmals nur rein seitlich verformt seien. Diese Beobachtung trifft nicht nur auf die wenigen von ROAF (65) berichteten Fälle zu, sondern ist auch bei Betrachtung der ausgezeichneten Abbildungen in der SCHULTHESSschen Arbeit (77) augenscheinlich. An den Übergängen zweier gegeneinander gerichteter und somit gegeneinander gedrehter Kurven kann es infolge der Scherwirkung zu einer Gefügeände-

rung kommen, dem von LINDEMANN (4o) beschriebenen Torsionsgleiten: "Die Torsion wird in ihrer späten Wirkung auch an Gleitvorgängen erkennbar, die sich an den Übergängen der Kurven abspielen."

Die Kompression der Wirbel zeigt sich am ausgeprägtesten in der Scheitelgegend, wo es deutlich zur keilförmigen Deformierung der Wirbelkörper kommt. Dabei können sowohl Deck- und Grundfläche gleichmäßig zur Konkavseite hin aufeinanderzulaufen, so daß in der Ansicht von vorne ein gleichschenkeliges Trapez resultiert, als auch nur eine Fläche gestaucht sein, so daß ein ungleichschenkeliges Trapez entsteht, eine Wirbelform, die SCHULTHESS (77) als Schrägwirbel bezeichnet. Die ersten Veränderungen, die durch die Kompression hervorgerufen werden, betreffen aber die Zwischenwirbelscheiben (SCHULTHESS,77, S. 637), was auch FARKAS (14) betont. Die Zwischenwirbelscheiben zeigen eine Vorwölbung an der konkaven Seite im Scheitelpunkt. Nach SCHMORL und JUNGHANNS(76) findet man bei schweren Skoliosen "die Zwischenwirbelscheiben auf der Bogenaußenseite hoch, auf der Innenseite niedrig, und der Gallertkern liegt nach der Bogenaußenseite verschoben." Durch diese Verschiebung wird auch der Epiphysenring verrückt, eine Tatsache, die FARKAS (14) als entscheidend für die weitere pathogenetische Entwicklung der Skoliose ansieht. Dagegen fanden SCHMORL und JUNGHANNS(76) bei beginnenden Skoliosen Jugendlicher weder makro- noch mikroskopisch Schäden der Zwischenwirbelscheibe.

Durch die Kompression der Wirbel kann nicht nur eine Abschrägung der Wirbelkörper in seitlicher Richtung sondern auch in der Sagittalebene (SCHULTHESS, 77), sowohl nach vorne als auch nach hinten, erfolgen. Dadurch erhält die Krümmung einen mehr kyphotischen oder lordotischen Charakter. ROAF (65) fand, daß bei der Skoliose die ventralen Abschnitte im Vergleich zu den dorsalen verlängert seien (Lordose), wogegen SCHEDE (7o) u.a. die kyphotische Veränderung als Vorläufer der Skoliose ansahen. JENTSCHURA (31) hat 100 Fälle untersucht und stellte dabei fest, daß eben-

so viele Kyphoskoliosen wie Lordoskoliosen vorkommen. Er äußert in Anlehnung an SCHULTHESS (77) in seinem Handbuchartikel (S. 247): "Generell liegt also eher eine Abflachung der physiologischen anterioposterioren Krümmung vor. Schon SCHULTHESS hat lediglich bei 3o % der Dorsalskoliosen - es handelt sich fast ausschließlich um die schwereren Formen - eine kyphotische Komponente gefunden" (JENTSCHURA,32).

Die hier nacheinander besprochenen Zeichen der Skoliose sind einzelne Komponenten eines dynamisch ineinander greifenden Prozesses, der zur besseren Analyse gegliedert wurde. Tatsächlich weisen die Wirbel nie ausschließlich Zeichen einer Kompression auf, sondern immer zugleich die der Rotation bzw. Torsion, was schon SCHULTHESS (77) betont. Seine Darstellung der pathologischen Anatomie ist auch in Bezug auf das Zusammenspiel der einzelnen Faktoren unübertroffen. Für diese Arbeit begnügen wir uns mit dieser kurzen Darstellung.

1.2 Klinik der Skoliose

Die seitliche Verbiegung der Wirbelsäule läßt sich bei Inspektion des Rückens am Verlauf der Dornfortsätze oder durch Palpation derselben feststellen. "Die Reihe der Dornfortsatzspitzen weicht als Folge der Konvextorsion der Wirbelkörper nach der konkaven Seite ab. Damit wird im klinischen Bild das Ausmaß der Skoliose geringer als es der Wirklichkeit entspricht" (JENTSCHURA,32). Objektivieren läßt sich das Ausmaß der seitlichen Auswanderung, indem man ein Lot von der vertebra prominens (C 7) fällt und den seitlichen Abstand der Wirbelsäule von diesem Lot mißt.

Die Torsion manifestiert sich im Thoraxbereich an der Ausbildung eines Rippenbuckels, der dorsal auf der konvexen, ventral auf der konkaven Seite zu finden ist. "Gelegentlich wird man im Frühstadium lediglich durch die asymme-

trische Rundung der Thoraxhälfte beim vorwärts geneigten Patienten einen Hinweis auf die seitliche Abweichung bekommen." (JENTSCHURA,32). In der Regel ist der Rippenbuckel bei kurzbogigen Skoliosen stärker ausgeprägt als bei langbogigen und steht in direktem Verhältnis zum Ausmaß der Torsion (LINDEMANN, 4o).
Der Rippenbuckel führt zur Verlagerung des Schultergürtels, das gleichseitige Schulterblatt wandert nach lateral und cranial, sein medialer Rand wird angehoben. Dadurch kann ein Höhenunterschied beider Schultern auftreten. Im unteren Wirbelsaulenbereich kommt es durch die nach dorsal verdrehten Querfortsätze zur Ausbildung eines Lendenwulstes.

Auch die Taillendreiecke, begrenzt durch die leichte Einziehung von Thorax zum Lendenbereich und den herabhängenden Arm, sind nicht mehr symmetrisch. Bei einer Dorsalskoliose auf der Konvexseite oder der Konkavseite bei lumbaler Verbiegung ist das Taillendreieck vertieft, auf der Gegenseite abgeflacht. Durch Ausbildung von Hautfalten bei schweren Skoliosen wird diese Asymmetrie noch betont.

Ebenfalls ein Zeichen der Asymmetrie bei Skoliosen ist der Überhang, d.h., der Thorax steht nicht mehr senkrecht über dem Becken, sondern ist zur Seite des Rippenbuckels hin verschoben (SCHULTHESS, 77). Dieser Vorgang kann so weit fortschreiten, daß der Rumpf das Becken um ein Drittel zur Seite hin überragt (JENTSCHURA, 32).

Der Grad der Fixierung der Krümmung läßt sich erst durch Funktionsprüfungen klären. Dazu gehören die oben schon erwähnte Beugung nach vorne, das Verhalten der Wirbelsäule im entlasteten Zustand, z.B. im Liegen, die Rotation der Wirbelsäule durch Drehung des Schultergürtels als ganzem bei fixiertem Becken und die Neigung nach beiden Seiten, wobei der Finger-Boden-Abstand auf der Seite der Konkavität viel kürzer wird als auf der der Konvexität. Auch der Versuch des Selbstredressments - der Patient drückt mit

der Hand derselben Seite auf den Rippenbuckel und zieht mit dem Arm der anderen Seite im Nacken nach cranial - erlaubt einen Rückschluß auf die aktive Korrekturfähigkeit. Die passiv mögliche Korrektur kann im Extensionsprobezug beurteilt werden.

Eine Beinlängendifferenz sollte ausgeglichen werden, um einen Beckentiefstand aufzuheben. Ansonsten kann bei der Untersuchung im Sitzen geprüft werden, ob eine Beckenschrägstellung verschwindet. Bei kontrakter Lendenskoliose bleibt eine einseitige Beckenneigung bestehen. Auch das Gangbild wird beurteilt. Routinemäßig werden Körpergröße im Stehen und im Liegen sowie Beinlänge und Sitzgröße kontrolliert.

1.3 Röntgenuntersuchung

Zur genauen Beurteilung einer Skoliose reicht die klinische Untersuchung nicht aus, Röntgenaufnahmen sind unentbehrlich. Schon PORT (6o) hob neben der üblichen Aufnahme im Liegen den Wert der Stehaufnahme hervor, die den Verlauf der Wirbelsäulenkrümmungen unter der natürlichen Belastung durch das Körpergewicht zeigt. Heute muß weitergehend eine Wirbelsäulenganzaufnahme im Stehen gefordert werden (LEGER, 39, STOPE, 8o), denn nur "ihre Deutung gibt im besonderen darüber Aufschluß, ob die kompensatorischen Krümmungen das Gleichgewicht der Wirbelsäule wiederherstellen, oder ob wir den Zustand der Dekompensation vor uns haben" (JENTSCHURA, 32). Der Grad der Fixation läßt sich durch den Vergleich von Liege- und Stehaufnahme oder durch Funktionsaufnahmen bei Beugung nach beiden Seiten, die passive Korrekturmöglichkeit mit Aufnahmen in Extension feststellen (DUCROQUET, 11). Die Röntgenbilder werden nach verschiedenen Gesichtspunkten ausgewertet:

1.3.1 Verlauf und Ausdehnung der Krümmung (nach JENTSCHURA, 32)

Man unterscheidet einfache und zusammengesetzte Krümmungen (SCHULTHESS, 77). Eine einfache Krümmung stellt die

Totalskoliose dar, die nur sehr selten zu beobachten ist, sowie die einseitige, auf einen Wirbelsäulenabschnitt begrenzte Verbiegung, bei der es in der Regel zur Ausbildung von oberen und unteren kompensatorischen Krümmungen kommt, so daß eine dreifache Verbiegung zu sehen ist. Diese Gegenkrümmungen überschreiten die Mittellinie normalerweise nicht (SCHULTHESS, 77) und weisen nicht so große Winkel auf wie die Hauptkrümmung. Bei zusammengesetzten oder S-förmigen Skoliosen läßt sich nicht e i n e Hauptkrümmung identifizieren, sondern es treten z w e i nahezu gleich stark ausgeprägte Verbiegungen etwa zur selben Zeit auf. Auch hier gibt es kompensatorische Verbiegungen oberhalb und unterhalb, so daß im Erscheinungsbild vier Krümmungen resultieren.

Die Krümmungen werden jeweils oben und unten von dem Neutralwirbel begrenzt. Darunter ist derjenige Wirbelkörper zu verstehen, "der als erster in Mittelstellung steht und keine Formabweichung aufweist" (JENTSCHURA, 32). Zur Identifikation legt man eine Gerade durch die Grund- und Deckplatten der in Frage kommenden Wirbel; der Wirbel, dessen Geraden mit den angrenzenden den geringsten Winkel bilden oder sogar parallel laufen, ist der Neutralwirbel. Meist genügt in der Praxis die Beobachtung, daß die Zwischenwirbelräume zwischen den letzten Wirbeln der Krümmung und den Neutralwirbeln nicht mehr einseitig verschmälert sind (JENTSCHURA, 32) oder bereits eine entgegengesetzte keilförmige Abflachung zeigen (PONSETI & FRIEDMAN, 59). PORT (6o), der unter Berücksichtigung der sich anschließenden kompensatorischen Krümmungen von Übergangswirbeln spricht, weist darauf hin, daß deren Horizontallinie am stärksten geneigt ist. Weiter gehört zur Beschreibung des Verlaufs und der Ausdehnung auch die Angabe über die Lage des Scheitels. In der Regel weist der Scheitelwirbel die stärkste keilförmige Deformierung auf. Die Horizontalebene des Scheitelwirbels verläuft fast oder ganz waagerecht (PORT,6o).

1.3.2 Ausprägung der Krümmung

Es werden zwei Methoden zur Messung des Krümmungswinkels benutzt:

a) Messung nach FERGUSON:
Es werden Geraden von den Mittelpunkten des oberen und unteren Neutralwirbels zum Mittelpunkt des Scheitelwirbels gezogen. Der Komplementärwinkel auf 180° zu dem Winkel, den diese Geraden im Scheitelpunkt bilden, ist das Maß für die Krümmung. Ist der Scheitelwirbel nicht sicher zu identifizieren, z.B. wenn der Scheitelpunkt im Bereich der Zwischenwirbelscheibe liegt - auf diese Schwierigkeit weist MOE (53) hin - so kann auch ein anderer Referenzpunkt benutzt werden, der allerdings auf allen weiteren Röntgenkontrollen ebenfalls klar auszumachen sein muß.

b) Messung nach COBB:
Bei dieser Messung werden nur die Neutralwirbel zur Bestimmung benötigt. Auf der dem Scheitelpunkt entfernten Deckplatte des oberen bzw. Grundplatte des unteren Neutralwirbels wird jeweils das Lot zum Scheitel hin gefällt, der Komplementärwinkel auf 180° gibt das Krümmungsmaß an.

GEORGE und RIPPSTEIN (16) haben die Meßmethoden an 25 Fällen miteinander verglichen. Mit der COBBschen Methode werden anfangs konstant höhere Werte gemessen. Wird dann die therapeutisch korrigierte Krümmung gemessen, so gleichen sich die Werte beider Methoden weitgehend an, ja es werden sogar bei etwa der Hälfte der Fälle mit der COBBschen Methode geringere Winkel festgestellt, so daß die erreichte Korrektur - ausgedrückt in Prozent - bei der COBBschen Methode bei gleichen Kurven wesentlich höher ausfällt (s.a. MOE, 53). Dieser Sachverhalt wird durch die Illustration, die der Arbeit von GEORGE und RIPPSTEIN (16) entnommen ist, demonstriert.

Abbildungen 1 und 2:

S.L., weiblich, Alter bei Beginn der Korrektur 18 Jahre.

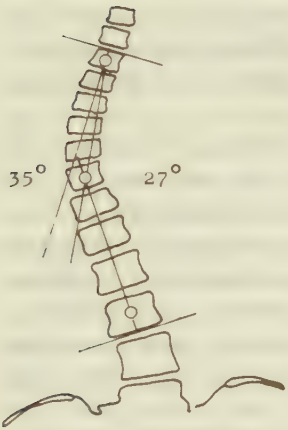


Abb. 1:

Röntgenbild vor Korrektur.
Nach COBB 35° (links), nach FERGUSON 27° (rechts).

Abb. 2:

Röntgenbild nach Korrektur. Links nach COBB.
Zu beachten ist der Unterschied der Ergebnisse je nach Meßmethode. Der Unterschied kommt durch die Überkorrektur der Neutralwirbel zustande. Diese Überkorrektur wirkt sich auf die Meßmethode nach COBB stärker aus als auf die nach FERGUSON.
(nachgezeichnet aus GEORGE & RIPPSTEIN, 16)

Dieser Effekt beruht zum größten Teil darauf, daß die randständigen Partien der Krümmung leichter korrigierbar sind als der Scheitelbereich. Dem linken Bild kann man auch entnehmen, daß die Senkrechten auf Grund- und Deckplatten der Neutralwirbel oft "über die Krümmung hinausschießen." Dagegen gibt die Methode nach COBB bei den schweren hyperbolischen Kurven das tatsächliche Ausmaß der Krümmung besser wieder. GEORGE und RIPPSTEIN (16) haben diesen Sachverhalt geometrisch analysiert; ihre Betrachtungen führen hier zu weit.
Zum Teil beruht die Erklärung darauf, daß sich eine Wirbelsäule nicht wie ein Stahlstab verhält, bei dem, wenn er gebogen wird, sich Scheitel- und Randpartien als Einheit bewegen, sondern daß die Wirbelsäule aus einzelnen beweglichen Einheiten besteht, die bis zu einem gewissen Grad unabhängig voneinander Bewegungen ausführen können. Deshalb muß eine Messung, die eine größere Zahl dieser beweglichen Einheiten berücksichtigt, etwas genauer werden, besonders wenn dadurch das Verhältnis vom Scheitel zu den Randpartien der Kurve exakter bestimmt wird. GEORGE und RIPPSTEIN (16) gaben den objektiven Meßfehler für die FERGUSON-Methode mit 1-3° an, für die COBBsche Methode sahen sie sich außerstande, objektive Fehlermessungen vorzunehmen. MAU und KRAMER (46) geben mit ähnlichen Argumenten der Methode von FERGUSON den Vorzug.

1.3.3 Beurteilung einzelner Wirbel (JENTSCHURA, 32)

Es wird die Verformung, z.B. die erwähnte Keilwirbelbildung, beschrieben. Das Verhältnis von Wirbelhöhe zu -breite kann verändert sein. Die Folgen der Torsion sind besonders in den Wirbelbögen und den Querfortsätzen zu erkennen. NASH und MOE (56) schlagen eine Einteilung zur Messung der Rotation vor, wobei sie sich auch mit der von COBB vorgeschlagenen Methode auseinandersetzen. Sehr wichtig ist der Ausschluß von Mißbildungen, die eine Skoliose verursachen können. Auch den Zeichen einer Osteoporose muß

Beachtung geschenkt werden. Oftmals zeigen die Zwischenwirbelscheiben die bereits vorne beschriebenen Veränderungen.

1.4 Prognose der Skoliose

Der Satz: "Die Skoliose ist eine Wachstumsdeformität" (PORT, 6o) kann als Leitsatz angesehen werden, den alle Autoren in den Mittelpunkt ihrer Betrachtungen über die Prognose stellen und nur mehr oder weniger stark variieren. So schreibt SCHEIER (72): "Wir können als gesichert betrachten, daß die Skoliosen während des Wachstums entstehen und ihr volles Ausmaß erreichen und die stärksten Verschlimmerungen während den Phasen gesteigerten Wirbelsäulenwachstums zu befürchten sind." "Dieses ständige Fortschreiten ist das eigentliche Charakteristikum der Skoliose", sagt PORT (6o), der in diesem Zusammenhang den Begriff der Progredienz eingeführt hat.

Über die Tendenz zum Fortschreiten sind sich alle Autoren einig, doch bleibt die Vorhersage im Einzelfall ein schwieriges Problem. Meist kann erst n a c h Verlaufsbeobachtung überhaupt eine Aussage versucht werden. SCHEDE (71) teilte mit, daß die Progredienz um so rascher fortschreitet, je größer die Krümmung schon ist. JENTSCHURA (32) gibt einige Kriterien an, die auf eine latente Gefährdung hinweisen, auch wenn die Krümmung noch nicht zugenommen hat:

1. Zunahme der Fixation, d.h. die Differenz der Winkel zwischen Steh- und Liegeaufnahme ist kleiner geworden.
2. Nachweis eines beginnenden Wachstumsschubes (Steh-, Sitzgröße!).
3. Das Auftreten eines beginnenden Überhanges oder seine Zunahme (Lotmaß!).
4. Zunahme der Keilform der Zwischenwirbelräume.

5. Wechsel im Allgemeinbefund (Verschlechterung des AZ, ständig trockene Zunge, auffallend trockenes Unterhautbindegewebe).

PONSETI und FRIEDMAN (59) weisen auf prognostisch ungünstige Zeichen im Röntgenbild hin: Die in Scheitelgegend liegenden Wirbel sind osteoporotisch und verschwommen begrenzt. Die Zwischenwirbelräume sind unregelmäßig in ihrer Begrenzung und eng. An den Wirbelübergängen ist oft eine Verschiebung zu sehen, stärker ausgeprägt an den Übergangswirbeln zwischen thorakalen und lumbalen Kurven. Das ist ein Zeichen der Erschlaffung des Bandapparates der Wirbelsäule. Oft werden Bandscheibeneinbrüche in den Wirbelkörper gesehen. Diese Befunde entsprechen dem Vorgang des Torsionsgleitens (LINDEMANN, 4o). Auch FARKAS (14) hebt die schlechte Prognose beim Vorliegen einer Osteoporose hervor. JENTSCHURA (31) stellte noch fest, daß Thorakalskoliosen, die mit einer gesteigerten Kyphosierung verbunden sind, die in derselben Segmenthöhe ihren Scheitel hat wie die seitliche Verbiegung, besonders gefährdet sind. Ebenso äußert sich RISSER (62): "When the scoliosis develops concurrently with anterior wedging or osteochondritis of the vertebra, both the scoliosis and the round back may become severe." (S. 18o).
KON (36), der alle diese Aussagen weitgehend bestätigt, gibt noch an, daß bei Kurven, bei denen die Torsion vorherrscht, eine fortschreitende Entwicklung häufiger ist und ferner, daß die Prognose bei dysplastischer Skoliose weniger vorteilhaft ist, als bei kongenitaler oder idiopathischer.

Da nach Beendigung des Wirbelsäulenwachstums damit gerechnet werden kann, daß die Skoliose stationär bleibt (JENTSCHURA, 32), ist die Aussage, wann es beim einzelnen Patienten dazu kommt, sehr wertvoll. RISSER (zit. nach SCHEIER, 72) hat angegeben, daß die Entwicklung der Darmbeinapophyse als sehr zuverlässiges Zeichen des herannahenden

Abschlusses des Wirbelsäulenwachstums herangezogen werden kann. Diese Beobachtung konnte in großen Untersuchungen von ZAOUSSIS und JAMES (87) bestätigt werden. Am besten geeignet zur Bestimmung der körperlichen Reife sind aber Röntgenaufnahmen des Handskeletts (SCHMID & MOLL,75 und GREULICH & PYLE, 18). Aus dem Knochenalter läßt sich mit größerer Sicherheit das noch zu erwartende Wachstum vorhersagen als aus der Bezugnahme auf andere Daten wie chronologisches Alter, Menstruation u.a. (ANDERSON, 1).

Neben dem speziellen Befund der Wirbelsäule sind für die Prognose der allgemeine klinische Befund, der Zustand der Muskulatur (PORT, 60) und des Bindegewebes, der Konstitutionstyp, hormonelle Störungen, interkurrente Erkrankungen, die zur Skoliose aetiologisch beitragende Grundkrankheit (s.a. KON, 36) sowie soziale und geistige Voraussetzungen von Wichtigkeit (JENTSCHURA, 32).

Schreitet die Krümmung weiter fort, so ist die Prognose nicht allein von der Veränderung der Wirbelsäule sondern auch stark von deren Folgen auf den Gesamtorganismus bestimmt. Im Erwachsenenalter treten Schmerzen, die bei Jugendlichen selten sind, mit zunehmendem Alter gehäuft auf. Bei kurzbogigen Thorakalskoliosen findet man gürtelförmige Schmerzen, die auf Interkostalneuralgien zurückzuführen sind. Reiten bei starkem Überhang die Rippen auf dem Beckenkamm, so kommt es dort zu Schmerzen. Durch die pathologische Belastung der Wirbelsäule treten Abnutzungserscheinungen im Sinne einer Chondrosis, Spondylosis deformans oder Arthrosis der kleinen Wirbelgelenke gehäuft auf (JENTSCHURA, 32).

COLLIS & PONSETI (9) berichten dagegen, daß bei Nachuntersuchungen von 195 Patienten diese nicht häufiger als eine vergleichbare Gruppe Gesunder über Rückenschmerzen klagten. Ähnliches berichtet NACHEMSON (55) aus Schweden. Beide Berichte kommen aus Ländern, wo aufgrund der längeren Erfah-

rung mit der operativen Behandlung diese viel großzügiger angewendet wird und somit die leichteren Fälle, bei denen keine Operation indiziert war, für eine solche Nachuntersuchung ausgewertet wurden, während bei den schweren Fällen die Operation erfolgte, ehe sich die Rückenschmerzen einstellten. Daß COLLIS & PONSETI (9) auch bei Lumbalskoliosen nicht öfter Rückenschmerzen fanden als bei der Vergleichsgruppe, steht im Gegensatz zu Berichten von JENTSCHURA (32), der sich auf JAMES und MÜLLER beruft.

Komplikationen von seiten des Rückenmarkes sind glücklicherweise sehr selten, es kommen aber Rückenmarkskompressionen vor (SCHEIER, 72).

Die inneren Organe werden bei Skoliosen in direktem Verhältnis zur Schwere der Verformung in Mitleidenschaft gezogen (LINDEMANN,4o, NACHEMSON,55). In dem alten Handbuchartikel von SCHULTHESS (77) werden die Abbildungen von NICOLADONI wiedergegeben, die diese Veränderungen demonstrieren. Bei thorakalen Skoliosen kommt es durch die seitliche Verkrümmung zu einem Höhenverlust, der sich ungünstig auf das Thoraxvolumen auswirkt. Die durch Torsion bedingte Deformierung und Asymmetrie erschwert die Atmungsbewegungen, so daß Patienten mit schweren Skoliosen praktisch keine Thorakalatmung mehr aufweisen (SCHEIER, 72).

Die auf der Konkavseite der Thorakalkrümmung gelegene Lunge kann bis zur Atelektase komprimiert sein, während die konvexseitige Lunge meist unbeeinträchtigt bleibt oder später emphysematös wird (LANGE, 36). Dadurch wird auch die Lungendurchblutung im Verhältnis zum Krümmungswinkel verändert,und zwar werden die apikalen Anteile prozentual umso stärker durchblutet,je größer die Krümmung ist, wogegen die basale Durchblutung in demselben Verhältnis abnimmt (NACHEMSON, 55). Durch diese Lungenveränderung ist der kleine Kreislauf dauernd überbelastet, was zum chronischen Cor pulmonale führt (NACHEMSON,55, SCHEIER,72, LANGE,36).

Die pulmono-kardiale Insuffizienz trägt wesentlich zur verkürzten Lebenserwartung von Patienten mit schweren Skoliosen bei (LANGE, M., 38).

Gelegentlich werden bei schwersten Deformierungen die Organe des Bauchraums und die Nieren in ihrer Funktion beeinträchtigt.

Die Chancen von Frauen mit Skoliosen zu heiraten sind auf ein Viertel reduziert (NACHEMSON, 55). Für Schwangerschaften gelten bei Tiefensitz der Skoliose die allgemeinen Richtlinien für das enge Becken.

1.5 Aetiologische Einteilung der Skoliose

Nach COBB werden die Skoliosen in v i e r große Gruppen eingeteilt, je nachdem welches Gewebe den primären Schaden aufweist (zit. nach SCHEIER, 72):

1. Osteopathische Skoliosen, z.B. kongenitale Mißbildungsskoliosen, Skoliose bei Chondrodystrophie.
2. Neuropathische Skoliosen, z.B. Skoliose nach Poliomyelitis, Skoliose bei infantiler zerebraler Lähmung usw.
3. Myopathische Skoliosen, z.B. Skoliose bei Muskeldystrophie, Skoliose bei angeborenen Muskeldefekten.
4. Idiopathische Skoliosen

Die idiopathische Skoliose ist mit 9o % bei weitem die häufigste Form, danach sind die Skoliosen nach Poliomyelitis, die kongenitale Skoliose und die Skoliose nach Neurofibromatose die nächsthäufigen Formen (SCHEIER, 72).

1.5.1 Die idiopathische Skoliose

Unter der Bezeichnung "idiopathisch" werden Skoliosen zusammengefasst, die wahrscheinlich ganz unterschiedliche, wie der Name sagt, nicht geklärte Ursachen haben. Schon

SCHULTHESS (77) wies darauf hin, wie nötig die Klärung der Actiologie ist: "Es ist von Wichtigkeit, daß man festhalte, daß die Mechanik allein die Skoliose nicht macht. Es ist vielmehr unsere Aufgabe, die prädisponierenden und auslösenden Momente der Skoliose aufzusuchen und in ihrer Bedeutung für die Entstehung der Deformität zu untersuchen." Bei einem Teil der Skoliosepatienten wurden Störungen des Stickstoffwechselhaushaltes nachgewiesen (PONSETI, 58, und andere). Auch bei dem überzufälligen Zusammentreffen von Epiphysenlösungen und Skoliosen konnte durch Tierexperimente, in denen durch Verfütterung von lathyros-odoratus-Samen gleichartige Schäden hervorgerufen wurden, ein Hinweis auf eine Stoffwechselstörung gegeben werden.

Aufgrund von elektromyographischen Untersuchungen und Messung der Chronaxie der Bauchmuskeln kommt GRUCA (19) zu der Ansicht, daß auch die idiopathische Skoliose auf asymmetrische Muskellähmung zurückzuführen ist. BRUSSATIS (zit. nach SCHEIER, 72) erhält in Kontrollversuchen gleichartige Ergebnisse, interpretiert sie aber als physiologische Adaptation, da die Muskulatur an der Konvexseite der Skoliose wegen des wesentlich ungünstigeren Hebels eine gesteigerte Aktivität aufweisen müsse. RISSER (62) fand bei den meisten idiopathischen Skoliosen asymmetrische Muskelschwächen an der Rumpfvorderfläche, die er als Hinweis auf schwache Muskeln am Rücken in derselben Höhe und auf derselben Seite verstand (dieselbe segmentale Versorgung). Er glaubt daher, daß die meisten idiopathischen Skoliosen auf einer nicht diagnostizierten Poliomyelitis beruhen. Diese Behauptung läßt sich heute epidemiologisch neu überprüfen, nachdem die Poliomyelitis durch die Immunisierung großer Bevölkerungsteile zur Seltenheit wurde. PONSETI (58) berichtete bereits von einer drastischen Abnahme der paralytischen Skoliose, wodurch die RISSERsche Theorie ebenso widerlegt würde, wie die bis in die 3Oiger Jahre vertretene Theorie (SCHEDE, 7o, SCHULTHESS, 77), daß die meisten idiopathischen Skoliosen rachitischer Genese seien.

HARRINGTON (25) weist mit einem Fallbericht auf die Wirkung der Muskelkontrolle für das dynamische Gleichgewicht der Wirbelsäule hin: Eine ausgeprägte kongenitale Skoliose auf Grund einseitiger Bauchmuskelaplasie mit Eventration, die durch das Einflechten einer Zwerchfellmuskelplastik operiert wurde, bildete sich unter kontrollierter Belastung und Gleichgewichtsübungen mit der Ausbildung von Aufrichtungsreflexen zurück. HARRINGTON sieht diesen Fall als ein mögliches Modell für die Entstehung auch anderer Skoliosen an.

SCHEIER (72) rechnet auch die Grenzformen der Skoliose bei enchondraler Dysostose (MAU, 47), bei Arachnodaktylie, beim PRADER-WILLI-Syndrom zu den idiopathischen Skoliosen. T.MAKLEY & K.G.HEIPLE (45) haben Skoliosen im Zusammenhang mit angeborenen Mißbildungen der oberen Extremität zusammengestellt, wobei die Abgrenzung zur kongenitalen Skoliose nicht sicher möglich erscheint. Bei all diesen Formen muß ein übergeordneter Defekt als entscheidend auch für die Ausbildung der Skoliose angesehen werden.

Diese kurzen Bemerkungen sollen nur als Hinweis auf den Stand der Diskussion dienen. Eine gesicherte, einheitliche Auffassung über die Skolioseaetiologie gibt es zur Zeit nicht, erst mit Verbesserung der diagnostischen Mittel wird die Frage nach der Aetiologie der "idiopathischen Skoliose" weiter bearbeitet werden können.

Die Häufigkeit der idiopathischen Skoliose wird je nach Untersuchungsmethode unterschiedlich angegeben. BLENCKE (4) hat 1926 in Magdeburg 3o.842 Kinder aller Schularten klinisch untersucht, er fand bei 16.6o3 Knaben 2oo Skoliosen, was 1,2 % entspricht, bei 14.239 Mädchen 4o8 Skoliosen, das sind 2,8 %. In der Gesamthäufigkeit entspricht das der Untersuchung von SHANDS & EISBERG (78), die bei der Durchsicht von 5Oooo Röntgenminifilmen nicht selektionierter Patienten bei 1,9 % Skoliosen fanden, von denen aber nur lo % einen Krümmungswinkel über 30° aufwiesen. WYNNE-DAVIES (86) hat 11.ooo Schulkinder auf das klinische Zeichen fort-

geschrittener Skoliosen, den Rippenbuckel, hin untersucht und erst bei Verdacht Röntgenaufnahmen anfertigen lassen. Sie gibt die Häufigkeit auf zwei Altersgruppen bezogen an: Bei Kindern zwischen 1 und 7 Jahren fand sie in 1,3 °/oo, bei Kindern zwischen 8 und 15 Jahren in 1,8 °/oo eine Skoliose. In der gleichen Arbeit gibt sie interessante Daten über die familiäre Häufung der Skoliose. Unter Verwandten ersten Grades von 114 Skoliosepatienten war bei 6,9 % - das ist 2o mal häufiger als bei der Gesamtbevölkerung - eine Skoliose zu finden. Mit jedem Verwandtschaftsgrad fällt jeweils die Skoliosehäufigkeit um die Hälfte ab; so betrug sie bei Verwandten zweiten Grades noch 3,69 % und bei Verwandten dritten Grades 1,55 %. WYNNE-DAVIES (86) sieht deswegen in der Skoliose eine familiäre Erkrankung. Die Befunde legen nahe, an einen dominanten oder auf mehreren Genen lokalisierten Erbgang zu denken; die Autorin sagt selbst, daß größere Untersuchungsserien nötig seien, um dies endgültig zu beweisen. Es liegen verschiedene Arbeiten über Skoliosen bei Zwillingen vor, die ebenso wie die Arbeit von WYNNE-DAVIES (86) die These einer Stoffwechselstörung indirekt unterstützen (MURDOCH, 54).

Die weitere Unterteilung der idiopathischen Skoliose erfolgt nach zwei verschiedenen Kriterien:

1. Nach dem Alter bei Auftreten der Skoliose.

2. Nach der Lage des Scheitelpunktes der primären Krümmung.

JAMES (27, 3o), der die Einteilung nach dem ersten Kriterium vorgenommen hat, unterscheidet drei Gruppen, die infantile Skoliose von 0 - 3 Jahren, die juvenile Skoliose von 4 - 9 Jahren und die Adoleszentenskoliose von 10 Jahren bis zum Wachstumsabschluß.

Die infantile Skoliose tritt meist im ersten Lebensjahr auf, in 6o % der Fälle bei Jungen, in 4o % bei Mädchen; bei 90 % ist sie nach links gebogen; sie liegt gewöhnlich im thorakalen Bereich, aber auch alle anderen Bezirke der Wirbelsäule werden betroffen. JENTSCHURA (33) hat Kriterien angegeben, mit denen

die Torsion, die für die Diagnose einer drohenden Skoliose wesentlich ist, nachgewiesen wird:

1. Asymmetrische Stellung der Querfortsätze und veränderte Projektion der Rippenköpfchen.

2. Scheinbare Verschmälerung der torquierten Wirbelkörper in der a.-p.-Ansicht, infolge von Projektion der verdrehten Wirbel.

Außerdem muß die mögliche Fixierung in Beugeaufnahmen untersucht werden.

LINDEMANN (4o) wies noch darauf hin, daß als erstes Zeichen der Skoliose in den ersten Lebensjahren eine Asymmetrie der Zwischenwirbelräume bei fixierter und torquierter Seitverkrümmung auftrete.
Bei allen strukturellen infantilen Skoliosen findet man einen Plagiocephalus (WYNNE-DAVIES,o6, LLOYD-ROBERTS,41, JENTSCHURA,33).

Grundsätzlich sind zwei Verläufe möglich: Die Skoliose bildet sich spontan zurück (resolving scoliosis), oder es kommt zur Progression. Die Häufigkeit der spontanen Rückbildung wird zwischen 92 % und 36,3 % angegeben, wobei aber den einzelnen Berechnungen unterschiedliche Altersgruppierungen zugrunde liegen. In den ersten beiden Lebensjahren ist die Rückbildungstendenz sehr stark, "je mehr ältere Kinder in eine Gruppe eingeschlossen werden, umso größer ist die Anzahl progredienter Fälle" (SCHEIER,72). Für die Therapie ist sehr wichtig, zwischen beiden Verläufen unterscheiden zu können. JAMES (27) nennt zwei Kriterien dafür, daß eine Kurve n i c h t spontan zurückgehen wird: Erstens Krümmungen mit einem Winkel über 35° und zweitens die Ausbildung kompensatorischer Krümmungen. Er zitiert außerdem MEHTA, der den costovertebralen Winkel im Scheitelbereich der Krümmung zur Beurteilung heranzieht: Ist dieser Winkel klein, so kommt es auch dann zur Progression, wenn die anderen Zeichen nicht dafür sprechen.

SCHEIER (72) hat nach Angaben mehrerer Autoren folgendes zusammengestellt: Für Progression spricht, daß der Krümmungswinkel über 20°COBB beträgt, daß die Ausdehnung der Kurve gering ist (+/- 5 Wirbel), daß die Gegenkrümmungen scharf ausgeprägt sind, daß die Torsion stark ist, daß die Krümmung bei Extension oder Umbiegung steif ist und daß es sich um Knaben handelt.
Zusammenfassend kann man feststellen, daß sich die Säuglingsskoliose in der Geschlechtsverteilung, dem Verlauf der Krümmung und vor allem in der Prognose grundsätzlich von den anderen Formen unterscheidet.

Die mittlere Gruppe der juvenilen Skoliosen umfaßt nach JAMES (3o) nur 5,2 % der Patienten. Nach SCHEIER (72) unterscheidet sie sich nicht wesentlich von der Adoleszentenskoliose. Auch WYNNE-DAVIES (87) unterscheidet nur zwei Gruppen, die"infantile onset" und "juvenile onset" genannt werden.

Über die Adoleszentenskoliose haben PONSETI & FRIEDMAN (59) in einer Arbeit, der Verlaufsbeobachtungen von 394 jugendlichen Skoliosepatienten zugrunde liegen, berichtet. Sie haben in Anlehnung an SCHULTHESS (77) eine Einteilung nach dem Sitz der Krümmung vorgenommen und für die verschiedenen Typen die jeweils zu erwartenden Verläufe charakterisiert:
(SCHULTHESS,77, hatte als Typ noch die Totalskoliose angegeben, daher sind seine Werte für die übrigen Typen insgesamt niedriger.)

Die Lumbalskoliose

Scheitel L1 oder L2; Ausdehnung Th 11-L3;
Häufigkeit: SCHULTHESS (77) 11,7 %,
PONSETI & FRIEDMAN (59) 23,6 %,
JAMES (28) 25,6 %,
Geschlechtsverteilung:
SCHULTHESS Mädchen zu Jungen wie 2:1,
PONSETI & FRIEDMAN 7:1;
rechtskonvex : linkskonvex 1:1.

F. LANGE und SCHEDE (zit. nach JENTSCHURA,32) wiesen da-

rauf hin, daß eine reine Lumbalskoliose fast immer nur kurze Zeit besteht. Rasch entwickelt sich darauf eine kombinierte, in der Regel schwere, S-förmige Skoliose. Bei PONSETI & FRIEDMAN (59) dagegen betrug der Durchschnittswinkel nach Wachstumsstillstand 36,8° im Stehen. Nur bei 7 von 93 Patienten waren die Kurven schwer. PONSETI & FRIEDMAN bezeichneten die Lumbalskoliose als die gutartigste aller Typen, sie stabilisiert sich früher, führt zur geringsten Deformität. JAMES (28) berichtet aber, daß alle 39 Patienten seines Krankengutes, die über 25 Jahre alt waren, Kreuzschmerzen hatten, was man auf die gestörte Statik und Dynamik der LWS zurückführen muß. Trotz dieser subjektiven Beschwerden sind die Auswirkungen auf den Gesamtorganismus nicht so gravierend wie bei den übrigen Formen. "Die Torsion führt hier lediglich zum konvexseitigen Vorspringen der Lendenmuskulatur, nicht aber zu einer nennenswerten Thoraxdeformierung. Atmungsfunktion und Herztätigkeit werden nicht beeinträchtigt" (SCHEIER, 72).

Die thorakolumbale Skoliose

Scheitel Th11 oder Th12;
Ausdehnung Th6 oder Th7 - L1 oder L2;
Häufigkeit SCHULTHESS 2o %,
PONSETI & FRIEDMAN 16 %,
JAMES 8,4 %;
SCHULTHESS überwiegend Mädchen,
PONSETI & FRIEDMAN Mädchen:Jungen wie 3,5:1;
SCHULTHESS überwiegend linkskonvex,
PONSETI & FRIEDMAN rechtskonvex:linkskonvex wie 4:1.

Der Krümmungswinkel wird meist größer als bei den Lumbalskoliosen. Die Kurven mit dem höher gelegenen Scheitel hatten die Tendenz, größer zu werden und den Thorax stärker einzubeziehen. Insgesamt waren sie nicht sehr deformierend und meist wurde eine gute Körperbalance gehalten. "Die statischen Auswirkungen sind etwas geringer als bei der Lumbalskoliose" (SCHEIER, 72).

Die kombinierte thorakale und lumbale Skoliose

Scheitel Th7 oder Th8 und L1 oder L2;
Ausdehnung Th6-Th1o und Th11-L4;
Häufigkeit SCHULTHESS 3o %,
PONSETI & FRIEDMAN 37,1 %,
JAMES 22,4 %;
PONSETI & FRIEDMAN Mädchen:Jungen wie 14:1;
thorakale Krümmung rechtskonvex SCHULTHESS 8o %,
PONSETI & FRIEDMAN über 9o %.

Beide Krümmungen beziehen 5 Wirbel ein und zeigen von Anfang an dasselbe Ausmaß an Rotation. Die thorakale Krümmung ist gewöhnlich etwas stärker ausgeprägt. SCHEIER (72) weist darauf hin, daß die Übergänge zur thorakalen Skoliose fließend sind, da auch bei diesen immer wieder erhebliche strukturelle Veränderungen an der Gegenkrümmung festzustellen sind. Nach PONSETI & FRIEDMAN (59) ist die Prognose gut. Der Körper ist gut ausgerichtet, ohne Thoraxüberhang, selbst wenn die Kurven beachtliche Größe erreichen. Auch die geringere Progredienz gegenüber den thorakalen Skoliosen muß man im Zusammenhang mit dieser günstigen Gleichgewichtslage sehen. Bei dieser Form war der wichtigste Faktor für die Prognose das Alter des Patienten bei Skoliosebeginn. In 7 von 14 Fällen, in denen die Skoliose bei unter 1O-jährigen bemerkt wurde, wuchs die Krümmung auf über 80° an. Diese Tendenz zur Progression fiel scharf ab, wenn die Skoliose bei über 1O-jährigen begann.

Die thorakale Skoliose

Scheitel Th8 oder Th7;
Ausdehnung Th6-Th11;
Häufigkeit SCHULTHESS 19 %,
PONSETI & FRIEDMAN 22,1 %,
JAMES 43,5 %
Mädchen zu Jungen 25:1 PONSETI & FRIEDMAN.

Bei Adoleszenten fanden PONSETI & FRIEDMAN (59) in 9o % Rechtskonvexität, im Gegensatz zu den infantilen thorakalen Skoliosen, die nach JAMES (27,28) zu 9o % linkskonvex sind. Summarisch fand SCHULTHESS (77) unter 18o8 Skoliosen 1o86 links- und 722 rechtskonvexe Skoliosen. Schon SCHEDE (7o) teilte mit, daß die thorakale Skoliose frühzeitig zu

erheblicher Fixation neigt. Nach PONSETI & FRIEDMAN (59) wurde sie als früheste aller Skolioseformen entdeckt, eine Stabilisierung aber trat zuletzt ein. Extreme Grade von Rotation traten auf. Die thorakalen Krümmungen erreichten das größte Ausmaß und führten zur stärksten Deformierung. Neben der starken kosmetischen Verunstaltung führen sie zu hochgradiger Einschränkung der Lungenfunktion und später zu Herzschädigung (SCHEIER, 72). Wenn die Kurve vor dem 13. Lebensjahr auftrat, war die Prognose schlecht, 7o % von 34 Patienten bekamen Krümmungswinkel über 80°.

Die cervicothorakale Skoliose

Scheitel Th3;
Ausdehnung C7 oder Th1-Th4 oder Th5;
Häufigkeit SCHULTHESS 3,6 %,
PONSETI & FRIEDMAN 1,3 %,
JAMES 0 %.

Die 5 Skoliosen, die PONSETI & FRIEDMAN (59) fanden, waren nicht schwer. Dagegen schreibt LINDEMANN (4o), daß die cervicothorakale Skoliose zu stärkster Torsion neigt und in ihrem Charakter bei kurzbogiger Primärkrümmung außerordentlich progredient sei. Der Rippenbuckel ist gradartig ausgebildet. Die Tendenz zum Überhang durch die tiefsitzende Gegenkrümmung ist erheblich.

1.5.2 Die paralytische Skoliose

Auch über die Pathogenese der paralytischen Skoliose soll hier kurz referiert werden, da ein solcher Fall in die folgende Untersuchung aufgenommen wurde. Das Auftreten einer Skoliose nach Poliomyelitis ist häufig. COLONNA & vom SAAL (1o) fanden bei 6oo Patienten nach Poliomyelitis 15o Skoliosen, ohne Angaben über deren Ausprägung zu machen. ROAF (66) weist darauf hin, daß als Ausgangsmaterial nur Fälle mit sicher diagnostizierter Poliomyelitis dienten, wogegen abortiv verlaufende Erkrankungen nicht berücksichtigt werden können. Bei diesen ist wegen der geringen Lähmungsausprägung auch der Prozentsatz von Skoliosen viel niedriger. Andererseits, wenn sich nach unerkannter Poliomyelitis Skoliosen entwickeln, werden sie oft fälschlich als

idiopathisch angesehen. Für die Praxis ist natürlich wichtig, daß bei jedem Patienten mit Poliomyelitis auch auf die Wirbelsäule geachtet werden muß.

Die Art der Wirbelsäulenverbiegung wird von Art und Ausmaß der Lähmung beeinflußt. Da bei letzterem eine Vielzahl von Kombinationen vorkommt, werden auch Form und Ausmaß der seitlichen Wirbelsäulenverbiegung regellos sein (RADTKE, 61). Trotzdem besteht ein Zusammenhang zwischen bestimmten Lähmungen und der Art der Wirbelsäulenverbiegung. Während symmetrische Lähmungen der Rumpfmuskulatur zur sagittalen Abweichung der Wirbelsäule führen, sind für die Skolioseentstehung vor allem die asymmetrischen Lähmungen von Bedeutung.

Während COLONNA & vom SAAL (lo) die Auswirkung von Schultergürtel- und Extremitätenlähmungen betonen, konnte JAMES (29) deren Einfluß auf die Wirbelsäulenverbiegung nicht bestätigen. Alle Autoren stimmen überein, daß asymmetrische Bauch- und Rückenmuskulaturlähmungen fast immer zur Entwicklung einer Skoliose führen. JAMES (29) hebt hervor, daß dabei die laterale Rumpfmuskulatur (M. intercostales, lat. abdominale Muskulatur und in geringerem Ausmaß der M. latissimus dorsi) an Wichtigkeit für die Entwicklung der Skoliose die "midline" Muskulatur (M. erector spinae, anteriore Bauchmuskulatur) bei weitem übertreffen. Die Lähmung der Bauchmuskulatur ist gravierender, weil damit die konzentrische Kompressionswirkung auf die Bauchhöhle, durch die sehr wesentlich die Last des Oberkörpers abgefangen wird, durch Ausweichen des Bauchinhaltes in den gelähmten Bezirk wegfällt (THOMPSON zit. nach KNUPFER,35).

Dagegen ist der M. erector trunci wegen seiner Nervenversorgung aus 24 verschiedenen Segmenten nur selten völlig gelähmt. Außerdem ist nach KNUPFER (35) die Regenerationstendenz dieser Nerven besonders gut. Andererseits ist der M. erector trunci ein so mächtiger Antigravitationsmuskel, daß es schwer vorstellbar ist, daß ohne seine Mitbeteiligung eine Skoliose entstehen kann. ROAF (66) betont auch, daß

die Befunde bei Untersuchungen des oberflächlichen Erector trunci eher als Anpassungserscheinungen als als Auslöser für eine Skoliose zu deuten sind, wogegen die tiefe, schräge Wirbelsäulenmuskulatur durch ihre Rotationswirkung oft zu einer Skoliose führt. JAMES (29) fand bei fast allen hoch sitzenden Skoliosen auch Lähmungen der Intercostalmuskulatur, die nach ROAF (66) aber auch sekundär sein könnten. SCHEIER (72) findet die Zahlen von JAMES (29) "ziemlich überzeugend".

Für die Pathogenese sind neben den Lähmungen die bei Poliomyelitis auftretenden sekundären Veränderungen, besonders die trophischen Störungen,wichtig, die bei Muskeln nicht auf den gelähmten Bezirk beschränkt bleiben (RADTKE,61). Am Knochen kommt es zur Demineralisation und zur Deformität durch Beeinträchtigung des Längen- und Dickenwachstums. An den Gelenken zeigt sich eine strukturelle Minderwertigkeit der Kapsel und des Bandapparates mit der Neigung zu Gelenklockerung. Zusätzlich wird die Gelenkfunktion durch Kontrakturen (LINDEMANN,4o) und Schrumpfung der Muskulatur behindert. Die Fehlbelastung führt ihrerseits zu regressiven Veränderungen (RADTKE,61).

Die Prognose der paralytischen Skoliose ist abhängig vom Ausmaß und der Intensität der residuellen Lähmung (SCHEIER,72, JAMES,29) und weiter von der Lähmungsdauer, dem Alter des Gelähmten (JAMES,29, ROAF,66) und dem Ausmaß der wiedererzielten Belastungsfähigkeit (RADTKE,61). JAMES (29) hat eine Einteilung nach der Lokalisation der Krümmung entsprechend der Arbeit von PONSETI & FRIEDMAN (59) mit Angaben über die Prognose der einzelnen Typen gemacht. Unerklärlich bleibt, daß die rechts-links-Verteilung ungefähr dieselbe ist wie bei der idiopathischen Skoliose (SCHEIER,72). Die thorakale und besonders die hochthorakale Skoliose haben die schlechteste Prognose, wobei wieder die Thoraxdeformierung zu erheblichen Einschränkungen der Lungenfunktion führt. Die lumbale Skoliose ähnelt in ihrer Auswirkung auf

die Statik ebenfalls der idiopathischen, aber sie ist oft stärker und bezieht oft das Becken mit ein. Der Beckenschiefstand führt zur funktionellen Verkürzung des konkavseitigen Beines, was bei starker Lähmung der unteren Extremitäten sogar zur Gehunfähigkeit führen kann. Ein Beckenschiefstand bei gelähmter Unterextremität mit trophischen Störungen kann natürlich selbst Ursache einer Skoliose sein (LOWMAN und MAYER zit. nach ROAF,66). Die Prognose dabei ist gut, wenn man den Beckenschiefstand ausgleicht.

Bei der poliomyelitischen Skoliose kann eine Verschlimmerung auch nach Wachstumsbeendigung eintreten (GUCKER,21), jedoch ist in der Regel eine Progression nicht zu erwarten (ZAOUSSIS & JAMES,87). Die Prognose ist weitgehend vom zeitlichen Abstand zwischen Lähmung und Wachstumsstillstand abhängig. Aus der Verlaufsbeobachtung erhält man Anhaltspunkte über das Tempo der Progression.

Bei den schwereren Formen der Lähmungsskoliose ist das auffallende Zusammensacken des Rumpfes charakteristisch, das häufig mit einer Kyphosierung verbunden ist (LANGE-SCHEDE zit. nach JENTSCHURA,32). Im anglo-amerikanischen Schrifttum wird dieses Zusammensinken treffend "telescoping spine" genannt (JAMES,29). Weiter tritt bei älteren Lähmungsskoliosen eine erhebliche Fixation ein, die gelegentlich zur Ankylosierung einiger kleiner Wirbelgelenke führen kann (HIBBS zit. nach JENTSCHURA,32).

1.6 Therapie der Skoliose

Da die Ursache bei der großen Gruppe der idiopathischen Skoliose ungeklärt ist, kann man im Augenblick von einer kausalen Therapie im strengen Sinne nicht sprechen. Immerhin hat das genaue Studium der Pathogenese der Skoliose Wege aufgezeigt, wie auf die seitliche Krümmung mit all ihren Folgen eingewirkt werden kann, um diese so weit wie möglich auszugleichen. Dabei ist eine Heilung grundsätzlich

so lange möglich, wie die Wachstumspotenz der Wirbelsäule erhalten ist, d.h. so lange die Epiphysenplatten nicht definitiv durch Druck geschädigt sind. Durch eine Korrektur und Entlastung in diesem Stadium kann eine Wirbelfehlform durch kompensatorisches Wachstum ausgeglichen werden. Ist die Epiphysenplatte geschädigt, so muß eine Korrektur bis zum Abschluß des Wachstums aufrecht erhalten werden, da sonst sofort wieder eine Verschlimmerung der Krümmung auftritt (SCHEIER, 72).

Jede Therapie hat drei Aufgaben:

1. Verhütung einer Zunahme der Verkrümmung
2. Korrektur der skoliotischen Verkrümmung
3. Aufrechterhaltung der erzielten Korrektur
   (MAU & KRAMER, 46)

Werden diese Aufgaben erfüllt, so können Komplikationen verhindert oder beseitigt werden. Bei der Besprechung der Behandlungsmittel werde ich mich auf diese drei Aufgaben beziehen.

1.6.1 Behandlungsmethoden

1.6.1.1 Konservative Therapie

a) Krankengymnastik

Die Krankengymnastik ist nur in dem Ausmaß erfolgversprechend, wie die Patienten die Wirbelsäulenverbiegung aktiv korrigieren können. Es kann bei sehr systematischen Übungen zu einer Erhöhung des Tonus der Muskulatur kommen, die die aktive Aufrichtung bewerkstelligt (SCHEIER,72). So erreicht man eine Besserung der skoliotischen Haltung, aber die Progression einer Wirbelsäulenverkrümmung läßt sich kaum aufhalten. COBB (7) äußert: "None has ever shown any X-ray evidence of any appreciable reduction in a significant curvature as the result of exercises." SCHEIER (72) spricht der Gymnastik ihr Recht bei leichten Krümmungen nicht ab, betont aber auch die Wichtigkeit regelmäßiger Kontrollen, um eine eventuelle Progression, bei der weitere therapeuti-

sche Maßnahmen nötig werden, rechtzeitig entdecken zu können. Als Ergänzung zu einer Redressionsbehandlung ist die Krankengymnastik voll anerkannt (SCHEIER,72), besonders wenn beide Maßnahmen aufeinander abgestimmt sind, also ein System bilden.
Zusammenfassend kann man die Krankengymnastik nur als Teilmaßnahme zur Erfüllung der Therapieaufgaben zu 1. und 3. ansehen.

b) Horizontale Lagerung

Die Schwerkraft als Teilfaktor der Progression kann durch horizontale Lagerung ausgeschaltet werden (SCHEDE,71). Sie hat wegen der langen Dauer viele Nachteile, obwohl ein Teil der Probleme durch Kooperation mit der Schule (Bauchliegebrett) oder durch zentrale Behandlungsstellen (SCHEDE, 71, KON,36) lösbar sind. Bei der poliomyelitischen Skoliose muß die Bettruhe so lange streng eingehalten werden, wie noch Rückbildungen der Lähmungen zu erwarten sind (ROAF,66). Da die Bettruhe andere Faktoren der Progression, z.B. den erhöhten Muskeltonus unberücksichtigt läßt, ist sie niemals alleinige Therapie, sondern nur Ergänzung. Die horizontale Lagerung erfüllt nur die Therapieaufgaben zu 1. und 3. und zwar in der Zeit, in der sie streng eingehalten wird. Sie ist nur dann als Maßnahme sinnvoll, wenn sich während der Zeit derartige Veränderungen an der Wirbelsäule abspielen, daß nach Aufhebung der Bettruhe die Schwerkraft nicht erneut pathologisch wirksam werden kann. So kann sie eventuell eine Verschlechterung kurz vor Abschluß des Körperwachstums abfangen, oder nötig sein, um eine operative Versteifung fest werden zu lassen.

c) Redressierende Apparate

Bei schweren Skoliosen empfiehlt sich die Anwendung redressierender Apparate: Die korrigierende Kraft wird von außen auf das Skelett übertragen, wobei durch die Resistenz der Haut auf Druck und Reibung Grenzen gesetzt sind, selbst wenn man eine tadellose Anpassung auf den Körper mit mög-

lichst großen Abstützflächen durchführt. Grundsätzlich setzt man die korrigierenden Kräfte in drei verschiedenen Richtungen ein:

1. Es wird auf die primäre Krümmung im Sinne der Umbiegung eingewirkt.
2. Die Längsextension wird als korrigierende Kraft benutzt.
3. Durch Druck auf den Rippenbuckel von dorsal (nicht lateral!) läßt sich eine derotierende Wirkung erzielen.

Diese Kräfte werden bei den verschiedenen Apparaten in unterschiedlichem Ausmaß ausgenutzt. Prinzipiell gibt es zwei Sorten von redressierenden Apparaten: die Quengelgipse und die Etappengipse. Bei ersteren wird die Korrektur ganz allmählich in einem Gipsverband, der ein Gelenk hat, das durch Quengelschrauben millimeterweise verstellt werden kann, erreicht. Beispiele sind der Umbiegequengelgips nach HIBBS-RISSER, der Extensionsquengelgips nach STAGNARA und das Milwaukee-Korsett nach BLOUNT & SCHMIDT. Der Etappengips dagegen wird bei maximaler Korrektur angelegt, er wird drei bis vier Wochen getragen, dann wird bei Gipswechsel versucht, eine weitergehende Korrektur zu erzielen, die dann durch den neuen Gips gehalten werden soll. ABBOTT beschrieb 1911 seinen Etappengips, COTREL hat ihn in seiner plâtre EDF (Extension-Dérotation-Flexion) verbessert. Ähnlich arbeitet auch der RISSERsche localizer-cast, den dieser mittlerweile dem Umbiegequengelgips vorzieht. Beide Gipsarten haben Vor- und Nachteile, es gibt je nach Art der Krümmung unterschiedliche Indikationen für den einen oder anderen. Die genaue Beschreibung führt in dieser Arbeit zu weit.

Ist es gelungen, durch eine redressierende Behandlung in mehreren Monaten die Skoliose wesentlich zu verbessern, so wird versucht, mit einem Korsett das Korrekturergebnis aufrecht zu erhalten, z.B. Lyoner Korsett aus Metall-Plexidur. Diese Korsetts üben selbst keine redressierende Wirkung mehr aus, benutzen aber dieselben Angriffspunkte wie die

Gipse zur Stabilisierung der Krümmung. Sie erlauben eine bessere Körperpflege, müssen aber zur Ausschaltung der Schwerkraft fast ständig getragen werden.
Prinzipiell können die redressierenden Apparate alle drei Therapieaufgaben erfüllen.

1.6.1.2 Operative Therapie

Es ist immer wieder versucht worden, die Skoliose auf unterschiedliche Weise operativ anzugehen (siehe LINDEMANN & MAU, Handbuchartikel, 4o b). So gibt es Vorschläge für Operationen, die nur die Weichteile betreffen oder nur die Rippen, oder es wurde versucht, durch Operationen an den Wirbeln auf die Skoliose Einfluß zu nehmen. Die meisten dieser Operationen sind entweder als alleinige Maßnahmen wirkungslos (Weichteil- und Rippenoperationen) oder technisch äußerst schwierig und risikoreich (Keilwirbelresektionen), so daß sie größtenteils aufgegeben wurden, bzw. eine sehr strenge Indikation haben oder nur zusätzlich zu anderen operativen Maßnahmen in Frage kommen.

Auch operative Maßnahmen, die auf eine Wachstumslenkung der Wirbelsäule abzielten, zeigten keinen eindeutigen Erfolg. Der Versuch, konvexseitiges Wachstum durch Metallklammern zu stoppen, wird zwar von einigen Autoren abgelehnt (SCHEIER, 72), hat aber in einigen Fällen seine Berechtigung. Größere Fallzahlen wurden aber bis jetzt nicht mitgeteilt. Die konvexseitige Zerstörung der Epiphysenplatten (ROAF,67) ergab keine ausreichende Korrektur (SCHEIER,72). GRUCA (19, 2o) berichtete über gute Ergebnisse mit der Alloplastik, bei der Spiralfedern, die auf der Konvexseite der Bögen befestigt wurden, als korrigierende Kraft eingesetzt werden. Da das Verfahren bis jetzt keine Verbreitung gefunden hat, liegen keine größeren Vergleichsuntersuchungen vor, so daß eine eingehende Beurteilung nicht möglich ist.
Dagegen wurden Verfahren, bei denen zuerst die Wirbelsäule mit konservativen Mitteln aufgelockert wird, und sie dadurch korrigierbar wird,und bei denen dann eine operative

Versteifung der korrigierten Wirbelsäule erfolgt, seit Jahrzehnten in den USA angewandt und haben sich auch in Europa durchgesetzt.

Die Methode nach HIBBS:

Die Methode der intraspinösen Versteifung mit einem kompakten Knochenspan nach ALBEE wurde zunehmend, da zuviele Pseudarthrosen auftraten (MAU & KRAMER,46, GUCKER,21), zugunsten der Methode nach HIBBS aufgegeben.
Dabei werden die Dornfortsätze an der Basis gekappt und die hinteren Bogenanteile freigelegt und angefrischt, um so Knochenspäne zu gewinnen. Dann werden die kleinen Wirbelgelenke sorgfältigst zerstört. Mit den Knochenspänen werden die Zwischenwirbelräume überbrückt, die angefrischten Bögen dienen als Lager für die Späne. Daraus bildet sich dann eine feste Knochenbrücke zwischen den einzelnen Wirbeln. Während RISSER (62) und ebenso MAU & KRAMER (46) auf weiteres Knochenmaterial verzichten, benutzen die meisten Operateure zusätzliches Spanmaterial aus dem Tibiakopf oder häufiger Beckenkammspongiosa.
Bei diesem technisch sehr schwierigen und aufwendigen Eingriff ergeben sich eine Reihe von Problemen, von denen einige grundsätzliche hier erwähnt werden sollen.

A. Es handelt sich um eine Versteifungsoperation, die zumindest zu einer starken Einschränkung des Körperwachstums führt. Andererseits darf man nicht tatenlos zusehen, wie sich die Skoliose während Zeiten beschleunigten Wachstums verschlechtert (LINDEMANN & MAU,4o b, SCHEIER, 72, u.a. mehr). Eine spätere Korrektur vermag nicht so viel zu erreichen, wie eine Korrektur und Versteifung ehe die zu erwartende Verschlechterung eintritt. LINDEMANN & MAU (4o b) äußern zu diesem Problem: "Man wird daher bei Kindern zunächst einmal den Operationstermin hinausschieben, ohne deshalb im Wachstumsalter eine Kontraindikation zur Versteifungsoperation sehen zu dürfen." Allgemein hat sich bis auf wenige Ausnahmen (RISSER,63) die An-

sicht durchgesetzt, daß man erst vom 11. Lebensjahre an eine Operation erwägen sollte (SCHEIER,72) und möglichst erst nach Beendigung des Knochenwachstums eine Versteifungsoperation durchführen sollte.

B. In einer beträchtlichen Anzahl von Fällen kommt es zu einem postoperativen Korrekturverlust. Zumeist liegt eine Pseudarthrose vor, d.h. genauer, eine Umbauzone im Sinne eines Ermüdungsbruches. Das Auftreten dieser Pseudarthrosen ist teilweise auf die falsche Wahl des Versteifungsbezirkes zurückzuführen, die zu einer ungleichmäßigen Belastung der korrigierten Wirbelsäule führt. Wesentliche Grundsätze für die Ausdehnung der Versteifung haben RISSER und FERGUSON (zit. nach LINDEMANN & MAU, 4ob) mitgeteilt. Auch COBB nimmt in dem Artikel "The Primary Curve" dazu Stellung.
Auch zu kurze postoperative Fixation gefährdet die Versteifungsmasse. Nach der Operation muß der Versteifungsbereich, da er sich aus kleinen Knochenstücken zusammensetzt, erfahrungsgemäß mindestens 6 - 9 Monate ruhiggestellt werden, damit die Synostose ausreift (LINDEMANN & MAU,4ob, COBB,8, RISSER,62).
Die Pseudarthrose-Rate konnte durch eine verfeinerte Operationstechnik gesenkt werden, insbesondere hat sich die sorgfältige Verödung der kleinen Wirbelgelenke in diesem Sinne ausgewirkt. Trotzdem ist die Pseudarthrose eine Komplikation, die sich auch bei bester Technik nicht vermeiden läßt. Besonders häufig tritt sie bei poliomyelitischen Skoliosen auf, was durch die bei dieser Grundkrankheit auftretenden trophischen Störungen und die besonders starke Instabilität der poliomyelitischen Skoliose erklärt werden kann. RISSER (62) und COBB (8) nehmen an, daß auch eine schlechte Stoffwechsellage des Patienten zu erhöhtem Pseudarthrose-Risiko führt. Auch erscheint die überbrückende Knochenmasse im Wachstumsschub besonders gefährdet. Man muß in jedem Fall eine Reoperation

zur Ausbesserung der Pseudarthrose einkalkulieren, denn selbst bei bester Technik ist das Auftreten einer Pseudarthrose bei ca. jeder fünften Operation zu erwarten.

Die Methode nach HARRINGTON:

Um gerade bei den poliomyelitischen Skoliosen den postoperativen Korrekturverlust herabzusetzen, hat HARRINGTON (23, 24) seine Operationsmethode nach dem Prinzip der internen Fixation entwickelt. Instrumente zur internen Fixation wurden auch von anderen Operateuren vorgeschlagen; wir besprechen hier nur die Instrumente nach HARRINGTON (23,24), weil sie am weitesten entwickelt sind und die größte allgemeine Verbreitung gefunden haben und außerdem im untersuchten Krankengut benutzt wurden.

Als Vorteile der internen Fixation werden genannt:
(1) der geringere postoperative Korrekturverlust;
(2) Verkürzung der postoperativen Liegeperiode und der postoperativen Gipsfixationszeit;
(3) durch das Spannen der eingesetzten Stäbe kann intraoperativ noch zusätzlich eine Korrektur von ca 10 % erreicht werden.

Problematisch erscheint bei dieser Methode das Einbringen von Fremdmaterial, über dessen Verweilzeit im Organismus noch keine genauen Aussagen vorliegen. An technischen Schwierigkeiten muß die Belastbarkeit des Materials und die Verankerung des Metalls am Knochen erwähnt werden. Aber gerade die letztgenannten Probleme konnte HARRINGTON (23), der anfangs auch Stabbrüche erleben mußte, weitgehend lösen. Zudem hat er die Belastbarkeit einzelner Wirbelpunkte genau untersucht und daraufhin die Verankerungspunkte für seine Instrumente angegeben.
HARRINGTON (23,24) verwendet einen Distraktionsstab auf der konkaven Seite und einen Kompressionsstab auf der konvexen Seite; zusätzlich kann bei lumbosakralen Skoliosen ein Stabilisierungsstab, der horizontal in den Beckenschaufeln be-

festigt wird und als unterer Befestigungs- und Stützpunkt für Distraktions- und Kompressionsstab dient, benutzt werden. Für die Haken des Distraktionsstabes werden jeweils Kerben in die Gelenkfortsätze gemeißelt, und zwar stützt sich der obere Haken am unteren Wirbelgelenkfortsatz des ersten, nicht in die Versteifung einbezogenen Wirbels ab, und der untere Haken wird im foramen intervertebrale auf dem Niveau der lamina an der Konkavseite des Dornfortsatzes so befestigt, daß eine Kerbe an der Basis des inferioren Gelenkfortsatzes unter Entfernung der Gelenkfläche und -kapsel geschlagen wird.
Beim Kompressionssystem werden mehrere Haken oben und unten verwandt, sie werden an der Basis der Querfortsätze dicht an den Bögen eingesetzt,bzw. im lumbalen Bereich auch an den unteren Gelenkfortsätzen.
Bei sehr schweren anatomischen Veränderungen müssen eventuell andere Befestigungspunkte für die Haken gewählt werden.
Sind die Haken fest angebracht, werden die Stäbe eingesetzt, und durch abwechselndes Spannen auf der Distraktions- und Kompressionsseite wird die erwähnte intraoperative Korrektur erreicht. Ein Ausbrechen der Haken während des Spannens ist eine schwerwiegende Komplikation (HARRINGTON, 23).
Die interne Fixation wird heute in der Regel mit der knöchernen Fusion nach HIBBS kombiniert. Unter dem Schutz einer zuverlässigen mechanischen Stabilisierung kann sich die endgültige knöcherne Spondylodese ungestört vollziehen.

1.6.2 Anwendung und Ergebnisse der Behandlung

1.6.2.1 Konservative Therapie

Bei der Säuglingsskoliose wurde deren beachtliche Tendenz zur Spontanheilung schon erwähnt. Da die Prognose im Einzelfall nur sehr schwer zu stellen ist, behandelt man zwangsläufig viele Patienten, die auch ohne Behandlung gerade werden. Bei leichten Skoliosen genügt eine Heilgymnastik zur Stärkung der Rückenmuskulatur und zum Erlernen der aktiven maximalen Beugung der Skoliose in Gegenrichtung. Dazu dient auch die Bauchlagerung, eventuell auch ein Bauch-

liegebrett. Das Sitzen ist vollständig zu verbieten, weil dabei der Druck auf die Epiphysenplatten noch höher ist als im Stehen. Bei schwereren Skoliosen kann eine passive Umbiegung im überkorrigierenden Gipsbett oder im FORESTER-BROWN-Bett durchgeführt werden. JAMES (3o) benutzt bis zum Alter von drei Jahren den RISSER-Umbiegegips.

Bei der Behandlung älterer Kinder geht man nach denselben Prinzipien vor, hier haben die redressierenden Gipse ihr Hauptanwendungsgebiet. Sie sind sehr wirkungsvolle therapeutische Mittel, wie aus den folgenden Statistiken hervorgeht.
So berichtet STAGNARA (79), daß von 7oo Behandlungen, die er mit dem ABBOTT-Gips oder dem Extensionsgips oder einer Kombination von beiden durchgeführt hat, nur lo nicht erfolgreich waren. JAMES (3o) konnte bei einer großen Serie von Kindern mit progredienten Skoliosen mit dem Milwaukee-Korsett Korrekturen von lo°- 4o° erreichen und auf lange Sicht halten (z.T. für sechs Jahre). KON (36), der auch die Klassifikation von STAGNARA benutzt (exzellentes Ergebnis bei Korrektur über 5°COBB, gutes bei Stabilisierung ± 5°, ausreichendes bei Korrekturverlust zwischen 5 - 1o°, schlechtes bei Verlust über 1o°), veröffentlichte folgende Ergebnisse (gekürzt):

Pat.-Zahl	Krümmung	Korrekturergebnis exzellent	gut	ausreichend	schlecht
46o	11 - 3o°	22,1 %	7o %	4,7 %	3,2 %
166	31 - 5o°	16,4 %	6o,8 %	11,4 %	11,4 %
61	über 5o°	18 %	56,2 %	6,5 %	19,3 %

BLOUNT & SCHMIDT (5), die das Milwaukee-Korsett ursprünglich zur präoperativen Behandlung entwickelt hatten, berichteten über gute Erfolge mit ihrem Korsett auch in der konservativen Therapie. Der Korrekturverlust ist klein oder gleich Null, wenn das Tragen des Korsetts allmählich, anfangs nur für wenige Stunden am Tag, später länger, reduziert wird,

zuletzt tagsüber abgelegt werden darf, aber noch nachts getragen wird, ehe die Behandlung abgeschlossen wird.

MOE und KETTLESON (51) teilten mit, daß die Therapie mit dem Milwaukee-Korsett milde und mäßige Krümmungen effektiv kontrollieren und korrigieren kann. Sie haben 169 Patienten mit 228 Krümmungen behandelt, die hochthorakalen Krümmungen zeigten die schlechtesten Ergebnisse, die thorakalen und lumbalen die besten Ergebnisse. Kurze Krümmungen sind schwerer beeinflußbar als lange.

Bei diesen Therapieerfolgen darf man nicht aus den Augen verlieren, wie groß der Aufwand auch bei der konservativen Therapie ist. SCHEDE (71) und KON (36) berichten über Spezialschulen, die der orthopädischen Klinik angeschlossen sind, um während der langdauernden Behandlung die Weiterbildung der Patienten nicht zu vernachlässigen. Auch die Behandlung selbst mit ihrer Kombination von Krankengymnastik, Lagerung und redressierenden Gipsen ist aufwendig. Der Patient ist durch die lang dauernde Behandlung eingeschränkt,und das dauernde, konsequente Tragen der orthopädischen Apparate setzt gute Kooperation voraus (MOE,52).

Zusammenfassend läßt sich sagen:

1. Bei leichten Krümmungen läßt sich durch die konservative Therapie in vielen Fällen auch die Verschlechterung der Krümmung während des pubertären Wachstumsschubes abfangen. Die konservative Therapie erfüllt hierbei alle drei Therapieaufgaben.

2. Auch bei fortschreitenden Skoliosen muß die konservative Therapie dazu dienen, die Skoliose möglichst so lange zu stabilisieren, bis vom Alter des Patienten her eine Operation in Frage kommt. Im Falle der Operation dienen konservative Mittel zur präoperativen Auflockerung, d.h. zur erhöhten Korrigierbarkeit der Skoliose. In diesem Fall wird die Therapieaufgabe zu 1. bis zum Operationsalter voll und die Aufgabe zu 2. zum Teil von der konservativen Therapie erreicht. Allerdings liegt der Schwerpunkt der Behandlung

bereits eindeutig bei der Operation, die - wenn sie erfolgreich ist - alle drei Therapieaufgaben übernimmt.

5. Nach Abschluß des Körperwachstums ist von konservativen Maßnahmen nichts mehr zu erwarten (SCHEIER,72).

1.6.2.2 Operative Therapie

Indikationen:

Auch die Autoren, die über die Erfolge der konservativen Therapie bei der Mehrzahl der Skoliosen berichten, halten für die schweren Formen eine Operation für unausweichlich (STAGNARA,79, MOE,52 u.a.). Wichtigste Parameter zur Indikationsstellung sind das Ausmaß der Krümmung und die Tendenz zur Progression (SCHEIER,72,73, LANGE,M.,37, MEZNIK,5o, LOMÍČEK,42,45, u.a.). Während der erste Punkt klar ist, kann die Tendenz der Progression entweder durch Verlaufsbeobachtung festgestellt werden oder muß aus der Kenntnis der Prognose der einzelnen Krümmungen angenommen werden. Dadurch ist das Problem der Operationsindikation auf das engste mit dem Problem der Prognose der Skoliose verknupft und BETTE (3), LANGE,M. (37) und andere Autoren verwenden bei ihren Ausführungen zur Operationsindikation auch folgerichtig die Ergebnisse der Prognoseuntersuchung.

HARRINGTON (23) hat einen nach ihm benannten Faktor angegeben: Der Krummungswinkel nach COBB wird durch die Anzahl der in die Krümmung einbezogenen Wirbel dividiert. Ist der Faktor 5 oder größer, so sollte operiert werden. Die Aussagekraft des Faktors ist je nach Alter unterschiedlich. Vor Abschluß des Körperwachstums ist eine weitere Verschlechterung der Krümmung zu erwarten. Auch bei erwachsenen Patienten sollte bei zunehmender Ermüdung oder Schmerzen oder zunehmender cardio-pulmonaler Dekompensation vom Faktor 5 an operiert werden.

FABRY (15) teilt in physiologische (Einschränkung der Lungenfunktion etc.) und kosmetische Operationsgründe auf. Zur ersten Gruppe rechnet er Krümmungen mit Winkeln über 60°COBB

und Krümmungen von 60°COBB an mit der Tendenz zur Verschlechterung. Die kosmetische Wirkung ist besonders für Mädchen sehr nachteilig. Bei weniger starken Krümmungen, die aber einen Überhang hervorrufen (das sind besonders die lumbalen Krümmungen), sollte daher operiert werden, zumal die Therapie mit dem Milwaukee-Korsett oft erfolglos bleibt.

GOLDSTEIN (17) legt seinem Behandlungsplan das Skelettalter, das Krümmungsmaß und die Starre der Krümmung zugrunde:

Skelettalter	Krümmung	Behandlung
jedes Alter	kleiner als 20°	periodische Beobachtung
unter 10 Jahren	größer als 20°	Milwaukee-Kors.u.Gymnastik
unter 15 Jahren	20 - 50°	Milwaukee-Kors.u.Gymnastik
über 15 Jahren	50 - 70°	Indiv.Entscheidung: gut korrigierb.-Milw.Korsett starr-Operation
über 13 Jahren	größer als 70°	Operation
über 15 Jahren	nicht akzeptable Deformität	Operation

Ähnlich äußern sich ROMPE & KOCH (68), die vorschlagen, Patienten zwischen 9 und 17 Jahren und Kurven von 60°COBB zu operieren. Bei jüngeren Patienten dürfen nur wachstumslenkende Eingriffe gemacht werden, ältere sollten nur operiert werden, wenn Komplikationen auftreten.

SCHEIER (72) sieht bei Kurven von 50 - 60°COBB bzw. 30° FERGUSON die Operationsindikation als gegeben an. STAGNARA (79) zieht bei Kurven über 50°COBB, bzw. bei einem Rippenbuckel über 50 mm eine Operation in Erwägung.

Daß diese Vorstellungen einigermaßen zutreffend sind, zeigt eine Arbeit von COLLIS & PONSETI (9), die in Langzeitnachuntersuchungen Erwachsener herausfanden, daß Kurven, die beim Abschluß des Körperwachstums mehr als 60°COBB aufwiesen, im weiteren Verlauf nicht wie geringere Kurven stationär blieben, sondern auch im Erwachsenenalter noch zunahmen.

Als weitere Faktoren müssen bei der Indikationsstellung be-

rücksichtigt werden: Das Ausmaß der Torsion, die Thoraxdeformität, die Aetiologie der Skoliose (FABRY,13 und BETTE,3), die Körpergröße und die Lungenfunktion (MEZNIK,5o, ROMPE & KOCH,68). Natürlich ist die subjektive Einstellung des Patienten sowie der Eltern vor so einem großen Eingriff von Wichtigkeit (SCHEIER, 72).

Ein Teil der Kontraindikationen ergibt sich logisch aus dem Umstand, daß die Bedingungen der Indikationen nicht erfüllt sind. Zuzüglich erwähnen LINDEMANN & MAU (4ob) noch folgende Faktoren: schlechter Allgemeinzustand (Operationsrisiko), schlechter Stoffwechselzustand (Insuffizienz der Versteifungsbrücke mit Korrekturverlust), prognostisch ungünstige Nebenleiden (Syringomyelie). MEZNIK (5o) weist noch besonders auf die Rechtsherzüberlastung und die Einschränkung der Vitalkapazität unter looo ccm hin, die das Operationsrisiko erheblich erhöhen. BAUMANN (2) behandelt die Kontraindikationen unter 4 Gesichtspunkten: Aetiologie, Allgemeinzustand, Alter des Patienten und Charakteristika der skoliotischen Krümmung; er zeigt für jede Gruppe Beispiele einer sinnvollen operativen Therapie, die allerdings im Einzelfall sehr genau überlegt werden muß.

Ergebnisse:

Es ist schwierig, die Veröffentlichungen über Skolioseoperationen zu vergleichen, da unterschiedliche Angaben gemacht werden. MAU (48) hat Kriterien zusammengestellt, die in jedem Fall mitgeteilt werden müssen, um eine vergleichbare Auswertung zu ermöglichen. SCHEIER (72) hat in einer tabellarischen Übersicht versucht, die verschiedenen Ergebnisse zusammenzustellen. Nur um die Spannweite dieser Ergebnisse wiederzugeben, seien hier einige Arbeiten referiert:

Operation nach HIBBS

PONSETI & FRIEDMAN (57), die eine Kombination aus HIBBSscher und ALBEEscher Technik anwandten, teilten mit, daß von 31 Patienten, die zum Zeitpunkt der Operation jünger als 10 Jahre waren, bei 21 eine postoperative Verschlechte-

rung auftrat und daß von älteren Patienten bei 86 mit Kurven über 20° 46 Progression zeigten, bei 32 mit Kurven unter 20° 9 Kurven schlechter wurden. Die Pseudarthrosehäufigkeit betrug 68,3 % im thorakalen Bereich und sogar 80 % im lumbalen Bereich.

GUCKER (21) berichtete über 78 Patienten mit poliomyelitischer Skoliose. Bei 44 % konnte durch die Operation eine Besserung, bei 47 % ein Stillstand erzielt werden. Nur bei 9 % nahm die Krümmung zu. Die Pseudarthrose-Rate lag bei 56 %.

HUBER (26) fasste die Ergebnisse von 366 Operationen, bei denen aber unterschiedliches Spanmaterial angewandt wurde, zusammen. Es lagen aber nur Nachuntersuchungen von 213 Patienten vor. Von 166 idiopathischen Skoliosen konnte bei 13,7 % die Progredienz nicht aufgehalten werden, zum Stillstand kamen 28,6 %, bei 26,1 % konnte eine Korrektur um 10 %, bei 26,7 % eine Korrektur um 25 %, und bei 5 % um 50 % erreicht werden. Bei den 52 paralytischen Skoliosen waren 19,25 % schlechter geworden, weitere 19,25 % waren gleich geblieben. Eine Korrektur von 10 % wurde bei 28,8 %, von 25 % bei 30,8% und von 50 % bei 1,9 % erreicht.

RISSER & NORQUIST (64), deren Arbeit zum Vergleich der präoperativen Behandlung mit dem Umbiegequengelgips und dem localizer-Gips diente, geben gute bis exzellente Ergebnisse (Endkorrektur über 10°F) bei 72 % der 127 Patienten, die mit dem Umbiegequengelgips und bei 77 % der 48 Patienten, die mit dem localizer-Gips behandelt wurden, an. Sie hatten nur 4 % bzw. 5 % schlechte Ergebnisse (keine Korrektur). Bei 59 % der mit dem Umbiegequengelgips behandelten Patienten trat ein Korrekturverlust über 5°F auf, wogegen diese Verschlechterung nur bei 32 % der mit dem localizer-Gips behandelten Patienten eintrat. Die Pseudarthrose-Rate betrug 23 %, bzw. 17 %; sie war in der Gruppe mit poliomyelitischen Skoliosen größer als in der mit idiopathischen.

MOE & GUSTILO (53) erreichten bei 203 Patienten mit Krümmungen von durchschnittlich 65°COBB eine Reduktion der Krümmung

auf 40 % des Ausgangswertes. Ihre Pseudarthrose-Häufigkeit lag bei den idiopathischen Skoliosen bei 13 %, bei paralytischen Skoliosen bei 28,2 % und bei kongenitalen Skoliosen bei 16,6 %.

TAMBORNINO, ARMBRUST & MOE (81) veröffentlichten eine vergleichende Arbeit zwischen der HIBBSschen Methode und der Methode nach HARRINGTON. Hier die tabellarischen Ergebnisse:

	Methode nach HIBBS						Methode nach HARRINGTON		
	Privatpatienten			Gillette Hospital					
Patientenzahl:	169			86			66		
Durchschn.Alter:	14,2			14,2			16,8		
Durchschn.Krümmungswinkel präoperativ:	64°			64°			74°		
Durchschn.Korrektur:	31°	48	%	26°	42	%	31°	42	%
Korrekturverlust:	6°	16	%	6°	19	%	10°	25	%
Infektion:	2	0,9%		2	2,3%		7	11	%
Pseudarthrose:	38	19	%	24	28	%	6	9	%
Reoperation nötig:	61	31	%	32	37	%	16	24	%
Weitere Immobilisierung nach Reoperation:	61	34	%	26	30	%	6	9	%

Außerdem ist bemerkenswert, daß alle HARRINGTON-Operationen in einer Sitzung erfolgten, wogegen vorher auch mehrere Operationstermine nötig waren. Die postoperative Immobilisationszeit konnte auf die Hälfte verkürzt werden. Infektionen traten bei der HARRINGTON-Operation häufiger auf, schienen aber im Verlauf als Problem an Haufigkeit abzunehmen. Pseudarthrosen waren etwas seltener, jedenfalls waren weniger Reoperationen nötig. Der Operationserfolg war fast gleichwertig.

In einem anderen Vergleich, dem aber eine viel kleinere Operationszahl zugrunde liegt - nämlich 20 HIBBSsche und 15 HARRINGTONsche Operationen, war das Ergebnis bei der HARRINGTON-Operation deutlich besser. Bei durchschnittlich gleicher Ausgangskrummung wurden 11 % Besserung mit der HIBBSschen Methode gegenüber 49 % mit der HARRINGTON-Methode erzielt (ZIELKE,83).

HARRINGTON-Methode

Wenn man die Veröffentlichung von HARRINGTON (23) liest, in der er sein Instrumentarium beschreibt, so ist man beeindruckt von der Verbesserung der Ergebnisse, die er selbst erreichen konnte. In der ersten kleinen Gruppe von 19 Patienten, die zwischen 1949 und 1954 behandelt wurden, konnten 58 % gebessert werden, bei 26 % blieb die Krümmung gleich, aber bei 58 % kam es zum Instrumentenbruch und bei 52 % zu verstärkter Knochenarrosion. In der dritten Gruppe von 68 Patienten, die 1960 behandelt wurden, nachdem das Instrumentarium und die Methode vielfach verbessert worden waren, konnte bei 84 % eine Verbesserung und bei 13 % ein Stillstand erreicht werden. Die Krümmung wurde nur bei 3 % der Patienten (gegenüber 16 % der ersten Gruppe) schlechter. Die Komplikationen hatten drastisch abgenommen, nur in 3 % der Fälle trat Instrumentenbruch und nur bei 6 % verstärkte Knochenarrosion auf.

GOLDSTEIN (17) konnte bei 90 Skoliosen mit durchschnittlich 67°COBB eine bleibende Korrektur von durchschnittlich 40°COBB (59 % des Ausgangswertes) erzielen, mit nur 3,2°COBB Korrekturverlust. Es trat in vier Fällen eine Pseudarthrose auf.

WILSON (84) und andere berichteten über 67 Patienten, von denen 40 Skoliosen zwischen 52 und 74°COBB hatten; nur fünf hatten mildere Kurven, 18 stärkere. Die Autoren stellten fest, daß bei Kurven unter 100° die durchschnittliche Korrektur über 50 % betrug; der Korrekturverlust lag bei durchschnittlich 6 - 8°. Bei Kurven über 100° war die Korrektur geringer und der Korrekturverlust größer.

Diese Berichte mögen nur als Beispiele dienen. Die HARRINGTON-Operation hat sich so durchgesetzt, daß auf dem vierten internationalen Symposion über die Skoliose 1971 ein Drittel der Beiträge zur operativen Behandlung sich nur mit den Erfahrungen mit dieser Operationsmethode befaßte. Auch die vorliegende Arbeit behandelt einen sich aus dieser Operationsmethode ergebenden Teilaspekt.

2.0 HAUPTTEIL: Eigene Untersuchung

2.1 Vorgehen und Krankengut

Von Oktober 1971 bis September 1973 einschließlich wurden im Oskar-Helene-Heim in Berlin 28 Skoliose-Operationen nach der Methode von HARRINGTON durchgeführt.

2.1.1 Behandlungsplan

Das Therapieprogramm beginnt mit Bewegungsübungen zur Lockerung der Wirbelsäule und Atemübungen über zwei Wochen. Danach kommt der Patient in eine Dauerextension in der Anordnung nach COTREL (Auto-élongation vertébrale et traction continue): Bei fixiertem Becken wird ein Kopfzug, der an Kinn und Hinterhaupt angreift, mit ca 6 kg belastet; außerdem kann der Patient aktiv über einen parallel angebrachten Zug, der durch Strecken der Beine betätigt wird, zusätzlich die Wirbelsäule auflockern. Diese aktiven Spannungsübungen werden rhythmisch alle 10 Sekunden wiederholt, wobei je Stunde Dauerzug 10 Minuten lang aktiv geübt wird. Der Dauerzug bleibt tags und nachts bestehen. Die Periode der aktiven und passiven Auflockerung durch Extension dauert in der Regel zwei Wochen, gleichzeitig werden Atemübungen und Krafttraining der Arme und Beine fortgeführt. An der Zunahme der Körperlänge in Extension wird beurteilt, wann die Wirbelsäule genügend vorgedehnt ist. Es wird dann bei maximaler Extension eine EDF-Gips nach COTREL angelegt und für zwei Wochen getragen. Der Gips wird eine Woche vor der Operation zur Kontrolle der Hautverhältnisse abgenommen, der Patient setzt die Extensionsübungen bis zur Operation fort.

Für die Operation wird der Patient auf dem von COTREL angegebenen Tisch auf dem Bauch gelagert; die ganze Operation hindurch wird ein Dauerzug von ca 20 kg ausgeübt. Die Operation selbst erfolgt in Anlehnung an die von HARRINGTON ausführlich beschriebene Technik.

Zuerst wird im ausgewählten Gebiet ein langer Hautschnitt ge-

legt, das Subcutangewebe und die Fascie durchtrennt und das Periost über den Dornfortsätzen gespalten. Alle Blutungen werden sorgfältig gestillt.

In der zweiten Phase werden die posterioren Wirbelsäulenanteile subperiostal abgetrennt. Dabei wird das Periost von den Dornfortsätzen jeweils nach lateral abgeschoben, ohne daß die Muskulatur verletzt wird. Das Periost soll so weit wie möglich erhalten bleiben, um die Blutungen minimal zu halten. So erfolgt das Freilegen von Dornfortsätzen und Wirbelbögen, wobei auch die Wirbelbögen und der Raum zwischen ihnen sorgfältig von Weichteilen befreit wird. Dabei muß man die Ebenen, in denen abgetrennt wird, den Verlauf von Nerven und Gefäßen (neuro-vasculäres Bündel) und den Ansatz von Muskeln an den hinteren Wirbelsäulenabschnitten genau kennen. Dann werden mit dem Meißel die kleinen Wirbelgelenke beiderseits aufgeschlagen, wobei darauf geachtet wird, daß die Dura nicht verletzt wird. In der Hauptkonvexität im Brustwirbelsäulenbereich werden auch die Querfortsätze freigelegt. Mit dem gebogenen Meißel wird dann die Corticalis sowohl von den Dornfortsätzen als auch von den Wirbelbögen entfernt, so daß zahlreiche Knochenchips über dem Spondylodesegebiet liegen. Zusätzlich wird aus beiden Beckenkämmen Spongiosa gewonnen.

In der dritten Phase wird das Instrumentarium eingesetzt. Es wird nur der Distraktionsstab verwendet. In den ausgewählten Höhen werden cranial und caudal in die Wirbelbögen zur Aufnahme der Halterung Löcher gestanzt und die Haken eingesetzt. Dann wird der Stab eingeschoben, nach Kontrolle des einwandfreien Sitzes wird der Stab vorsichtig gespannt, wodurch die Wirbelsäule gestreckt wird.

Danach wird die Spondylodese nach der von HIBBS angegebenen Technik komplettiert. Die Beckenkammspongiosa wird angelegt. In jedes der kleinen Wirbelgelenke wird ein Stückchen Spongiosa eingebracht. Nach sorgfältiger Blutstillung erfolgt der Wundverschluß.

Nach der Operation kommt der Patient für vier Wochen in eine dorsale Gipsliegeschale. Es werden Atemgymnastik und Bewegungsübungen der Arme, nicht aber der Beine durchgeführt. Nach Abschluß der Wundheilung wird wieder ein COTREL-Gips angelegt. Der Patient wird unter weiterer krankengymnastischer Betreuung allmählich mobilisiert und circa 8 - 12 Wochen nach der Operation nach Hause entlassen. Er kommt weiterhin viermal wöchentlich zur Bewegungstherapie in die Klinik. Außerdem soll er auch zu Hause täglich üben, was sich allerdings der Kontrolle entzieht und je nach Kooperation mit sehr unterschiedlicher Konsequenz geschieht. Die Bewegungstherapie dient dazu, einmal weiterhin über die Bewegung der Extremitäten die Bauch- und Rückenmuskulatur zu stärken, andererseits die Behinderung durch den Gips zu minimalisieren, z.B. durch Dehnungsübungen der ischiocruralen Muskulatur die Hüftbeugung zu verbessern, die Teile der fehlenden Wirbelsäulenbeweglichkeit zu ersetzen vermag. Auch die Atemgymnastik wird weiter durchgeführt. Der Patient wird nach einem Jahr wieder stationär aufgenommen und der COTREL-Gips entfernt. Wenn bei der Röntgenkontrolle die Spondylodese fest durchgebaut erscheint, darf der Patient allmählich belasten.

2.1.2 Krankengut

Zum Untersuchungszeitpunkt war bei 16 Patienten die Behandlung soweit abgeschlossen, daß die Röntgenaufnahmen ein Jahr postoperativ nach Gipsabnahme vorlagen. Davon kommen 13 Patienten zur Auswertung, bei einem Patienten ist das Röntgenbild unmittelbar nach der Operation verlorengegangen, so daß die Ausgangswerte fehlen, bei zwei weiteren Patienten mit sehr schweren Skoliosen ist wegen der Unmöglichkeit, überhaupt die Wirbel voneinander abzugrenzen, eine Untersuchung mit den dieser Arbeit zugrunde liegenden Methoden nicht möglich. Um trotzdem einen Überblick über die gesamten Operationsergebnisse zu geben, sind die Daten dieser drei Patienten unterhalb des doppelten Striches in den nachfolgenden Tabellen aufgeführt.

Tabelle 1:

Lf. Nr.	Name	Geb. Datum	Beobachtg. beginn Alter	Grad	Konserv. Therapie	Verschlecht. Zeitraum	um Grad	auf Grad	Krümm.s. Scheitel	Ausdehnung	Konvexität	Kompensation	Indikation
1	A.Sch.	7.4.58	1o 8/12	26	Turnen	2 3/12	19	45	Th8-Th9	Th6-Th12	re	li-lumbal	2
2	B.W.	31.7.59	5	--	Milw.Kors.	----	--	3o	Th8	Th5-Th11	re	li-lumbal	1,3
	Influx.li.m.4 1/2 Mo.												
3	P.Ch-W.	1.3.56	13	27	Lyon.Kors. f.13 Mo.	1 6/12	15	42	Th9	Th5-Th12	re	li-lumbal	2,3
4	G.W.	17.3.56	12 6/12	35	Turnen	6/12	2	37	Th7-Th8	Th4-Th1o	re	li-lumbal	kosm.
5	B.M.	4.6.57	13	--	Turnen	----	--	47	Th11	Th7-L3	li	re-lumbal+ re-cerv.	(1)
6	A.W.	1.11.5o	12 6/12	37	Turnen	6/12	6	43	Th8	Th5-Th11	re	li-lumbal	2
7	B.K.	7.9.59	10 9/12	3o	Lyon.Kors.	1 5/12	47	77	Th8	Th4-Th11	re	li-lumbal	1,2,3
8	B.Sch.	23.6.53	16 1/12	7o	Turnen	2 9/12	3	73	Th8-Th9	Th5-Th12	re	li-lumbal	1
9	P.Sch.	7.1.57	13 1/12	65	Korsett	1 6/12	9	94	Th8	Th4-Th11	re	li-lumbal	1,3
1o	B.H.	6.2.55	6	--	Turnen	----	--	67	Th8	Th4-Th11	re	li-lumbal	1
11	G.W.	17.5.59	11	35	COTR.-Gips	2/12	11	46	Th8	Th4-Th1o	re	li-lumbal	(1),2,3
	Epiphysiolysis cap.fem.lenta												
12	B.Sp.	2o.11.44	4	--	Gipsbett Korsett	----	--	82	L1	Th11-L4	li	re-thorac.	1
	männl.,Polio m.4 J.												
13	P.K.	7.7.6o	2	LWS 29 BWS 26	Milw. u. Lyon.Kors.	2o/12	41 26	6o 54	L2 Th8	Th11-L4 Th6-Th1o	li re	li-hoch-thorac.	1,2,3
1A	M.P.	18.1.59	0	--	Turnen,Kors. Weicht.Op. COTR.Gips	--	--	13o	Th8	Th4-Th11	li	re-lumbal re-cerv.	1,2
	Osteopath.spina bifida b.Geburt,männl.												
1B	M.G.	14.9.54	--	--	Korsett	--	--	15o	Th12	Th6-L3	re	li-thorac.	1,2
6A	M.Sch.	1o.6.5o						6o	Th8-Th9	Th5-Th12	re	li-lumbal	1

Tabelle 2:

Lf. Nr.	Art d. Fixierung u. Besonderh.	Wirbel i.verst. Bez.	Komplikationen und Verlauf	Knöchern. Durchb.
1	Konkav Distr.Stab u. Tibiaspan	Th5-Th12	--	+
2	Konkav Distrakt.Stab	Th4-L1	Leichte Wundheilungsstör. folgenlose Abheilung	+
3	Konkav Distrakt.Stab	Th3-L1	Druckst.v.COTREL-Gips; Gipsfenst.,Abheilung	+
4	Konkav Distrakt.Stab	Th3-L1	Druckst.v.COTREL-Gips; Gipswechsel u.Abheilung	+
5	Konkav Distrakt.Stab	Th7-L4	---	+
6	Konkav Distrakt.Stab	Th3-L1	Leichte Wundheilungsstör. Abheilung	+
7	Konkav Distrakt.Stab Rippenresekt.	Th4-L2	Bei Gipsabn.nach 1 Jahr Lösung d.Stabes aus oberem Haken n.caudal verschoben, 19 Mo.postop.Entfern.v.Stab u.Haken;steriler Abszeß, schnelle BSG-Normalisierung, beschwerdefrei	+
8	Konkav Distrakt.Stab	Th5-L1	Postop.einseit.Beinschwellung spont.Rückbildg.nur d.Lager.	+
9	Konkav Distrakt-Stab	Th3-L1	-----	+
1o	Konkav Distrakt.Stab	Th4-L2	Druckstelle;Abheilung;1 Jahr postop.Lös.d.Stabes aus oberem Haken;keine Dislok.,beschwerdefrei	+
11	Konkav Distrakt.Stab	Th5-L3	Beim intraop.Spannen d.Stabes Ausbr.d.Bogens b.L4,keine Folg. Befestg.d.Hakens b. L3	+
12	Beckenquerstab kurz.u.langer Distrakt.Stab	Th6-L5	-----	+
13	Gekreuzter Distrakt.Stab	Th5-L4	-----	+
1A	Konkav Distr.Stab u.Rippenresekt.	Th4-L3	-----	+
1B	Konkav Distr.Stab u.Rippenresekt.	Th7-L4	1 Jahr postop.Durchbruch ein. Fistel;oper.Entf.,Knochen nicht beteil.;leichtes Absink.d.fast waager.verl.BWS-Abschn.oberhalb d.Verst.	+
6A	Konkav Distr.Stab	TH3-L1	-----	+

Tabelle 3:

Lf. Nr.	präop. Grad	Korrektur in Grad auf	um	in %	Korrekturverlust in Grad auf	um	verbleibende Krümmung i.%
1	45	2o	25	55,6	35	15	77,7
2	8o	27	53	66,3	36	9	45,o
3	42	17	25	59,5	29	12	69,o
4	37	21	16	43,2	25	4	67,6
5	47	24	23	48,9	29	5	61,7
6[1]	43	27 (15)	16		(24)	(9)	
7	77	41	36	46,8	52	11	67,5
8	73	38	35	47,9	42	4	57,5
9	94	46	48	51,1	5o	4	53,2
1o	67	5o	17	25,4	52	2	77,6
11	46	34	12	26,1	35	1	76,1
12	82	5o	32	39,o	53	3	64,6
13	6o	31	29	48,3	31	0	51,7
1A	13o	85	45	34,6	9o	5	69,2
1B	15o	135	15	10,o	137	2	91,3
6A	6o	27	33	55,o	42	15	70,o
Arithm. Mittel	=72,6	43	29,6	43,9	49,2	6,1	66,6

1) Auf der Röntgenaufnahme nach einem Jahr sind die Neutralwirbel, die ursprünglich zur Messung der Krümmung herangezogen wurden, nicht auf dem Film. Es wurden neue Bezugswirbel, die auf allen Aufnahmen sind, gewählt. Der Korrekturverlust von 9° bezieht sich nur auf diesen neuen Teilabschnitt. Bei der Ausrechnung der Durchschnittswerte wurde Patient Nr. 6 völlig herausgenommen. Bei der übrigen Untersuchung wurden die relativen Werte des neuen Bezugsabschnittes zugrunde gelegt.

Tabelle 1 (S.5o) enthält die Patientendaten vor der Operation. Zur Beurteilung der Krümmung wurden im Stehen angefertigte a.-p.-Röntgenaufnahmen der gesamten Wirbelsäule nach der Methode von COBB ausgemessen. Die fortlaufende Numerierung in Spalte 1 erfolgte chronologisch nach dem Operationstermin. Diese laufende Nummer wurde in allen folgenden Tabellen zur Identifizierung der einzelnen Patienten beibehalten.

Die Indikation zur Operation wurde aus drei Gründen gestellt:

1. Krümmungen mit einem Winkel über 50°COBB (SCHEIER,72).
2. Verstärkte Progredienz. Als grober Anhalt diente die von RISSER angegebene Verschlechterung im pubertären Wachstumsschub von ca 1° pro Monat.
3. Versagen der konservativen Therapie, was bedeutet, daß die Progredienz durch eine Korsettversorgung nicht aufgehalten werden konnte.

Die Zahlenangabe in der Zeile "Indikation" bezieht sich auf diese drei Gründe.

Bei Patientin Nr. 4 war ausschlaggebend, daß es sich um eine bereits sehr starre, wenig ausgleichbare Krümmung handelte, was sich auch in dem prozentual niedrigen Korrekturergebnis zeigte. Hinzu kam der feste Wille der Patientin, sich der Belastung der Operation zu unterziehen, um die kosmetische Entstellung auszugleichen.
Bis auf den Patienten Nr. 12, der im Alter von 4 Jahren eine Poliomyelitis durchmachte, sind alle übrigen Skoliosen zu den idiopathischen zu rechnen. Er ist der einzige Junge im ausgewerteten Krankengut. Nur bei der Skoliose der Patientin Nr. 13 kann man vom Beginn her eine infantile Form annehmen, zwei weitere sind als juvenile Skoliosen zu bezeichnen, bei dem Rest handelt es sich um Adoleszentenskoliosen.

In Tabelle 2 (S.51) werden Angaben über die Art der Operation gemacht, sowie Komplikationen und deren Verlauf wiedergegeben. In der letzten Spalte wird der Erfolg in Bezug auf die knöcherne Durchbauung angegeben. Diese wurde auf Schrägaufnahmen im Stehen ein Jahr nach der Operation beurteilt.

Tabelle 3 (S.52) gibt die operativ erreichte Korrektur und den Korrekturverlust nach einem Jahr wieder. Als Grundlage für das Operationsergebnis wurden die Röntgenbilder vier Wochen postoperativ nach der Methode von COBB ausgemessen, der Korrekturverlust wurde auf den Röntgenbildern ein Jahr postoperativ nach Entfernung des COTREL-Gipses bestimmt. Beide Male wurden die korrespondierenden Wirbel zur Messung herangezogen. Die Daten von den Tabellen 1, 2 und 3 enthalten alle Kriterien, die MAU (48, 49) zur Beurteilung von Skolioseoperationen fordert. In der letzten Zeile von Tabelle 3 sind die arithmetischen Mittel angegeben, der Krümmungswinkel war vor der Operation im Durchschnitt 72,6°, die durchschnittliche Korrektur betrug 29,6°. Nach einem Jahr war im Mittel ein Korrekturverlust von 6,1° eingetreten, so daß der Krümmungswinkel noch durchschnittlich 49,2° betrug, das sind 66,6 % verbleibende Krümmung, oder durchschnittlich verbleibende Korrektur um 33,3 %.

2.2 Fragestellung

Legt man die Tatsache zugrunde, daß bei der Operation nach HARRINGTON ein Metallstab, der in seiner Länge konstant bleibt, fest in seiner Lage fixiert wird, so muß ein derartiger Korrekturverlust Beachtung finden. Hieraus ergibt sich die Fragestellung dieser Arbeit:

Worauf beruht der Korrekturverlust bei Spondylodeseoperationen nach HARRINGTON?

Hypothesen:

Im einzelnen ist dabei zu prüfen, ob sich die Erklärungen des Korrekturverlustes nach Spondylodesen mit der Methode nach HIBBS auf die nach der HARRINGTON-Methode übertragen lassen. Es werden folgende Hypothesen überprüft:

2.2.1 Hypothese 1

Im versteiften Abschnitt findet ein Längenwachstum der Wirbelsäule statt, das, da die Begrenzungswirbel durch den Metallstab fest fixiert sind, zur erneuten Verschlechterung der Krümmung führt (s. Zeichnung 1 - Seite 56).

2.2.2 Hypothese 2

Das Ausmaß des Korrekturverlustes hängt von der erreichten Korrektur (präoperativ und operativ) ab.

Die Beobachtung, daß die keilförmige Deformierung der Scheitelwirbel im Röntgenbild ein Jahr nach der Operation im Vergleich zu den Rontgenaufnahmen vier Wochen nach der Operation wesentlich gebessert erscheint, führte zur

2.2.3 Hypothese 3

Da durch den HARRINGTON-Stab die Krümmung entlastet wird, und besonders der übermäßige Druck auf die Scheitelwirbel abgefangen wird, kommt es zu kompensatorischem Wachstum vor allem der druckgeschädigten Konkavseite der Scheitelwirbel, so daß die Krümmung im Scheitel flacher wird. Dagegen werden die Neutralwirbel, bzw. die Randpartien der Krümmung, durch das kompensatorische Wachstum der Scheitelwirbel wieder in stärkerem Maße in die Krümmung einbezogen. Da auf dem Verhalten der Neutralwirbel aber die Messung des Krümmungswinkels nach COBB beruht, erscheint der Korrekturverlust entsprechend vergrößert. Für die Gesamtstatik der Wirbelsäule wäre dieser Korrekturverlust ohne Bedeutung.

Abb. 3:

Zur 1. Hypothese (S.55)

Abb. 4:

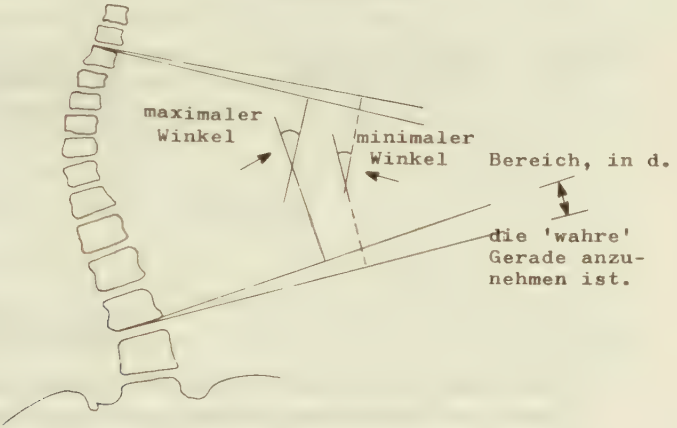
Zur 3. Hypothese (S. 55)

2.3 Methode

Für alle Messungen werden, wenn nicht ausdrücklich etwas anderes angegeben ist, die Röntgenbilder 4 Wochen postoperativ (Bild 1) und ein Jahr nach der Operation (Bild 2), nachdem der COTREL-Gips abgenommen wurde, ausgewertet. Sie wurden alle im Liegen bei einem Röhren-Platten-Abstand von einem Meter angefertigt. Die Messung der operativen Korrektur und des endgültigen Korrekturergebnisses erfolgten direkt auf dem Röntgenbild. Für die übrigen Messungen wurden Pausen gezeichnet, auf denen dann alle Hilfslinien und -punkte eingezeichnet wurden.
Die Angaben der Krümmungswinkel vor der Operation, nach der Operation (Bild 1) und nach Gipsabnahme (Bild 2) lagen bereits in der Krankengeschichte vor. Um den Meßfehler dieser vorgegebenen Werte zu bestimmen, wurden von 16 Röntgenbildern zusätzlich Pausen nachgezeichnet, ohne die Meßmarkierung. Dann wurden auf den Pausen erneut die Krümmungswinkel bestimmt und zwar derart, daß für jede einzuzeichnende Gerade durch zwei Geraden ein Bereich begrenzt wurde, der den Spielraum bezeichnet, innerhalb dessen bei sorgfältiger Auswertung die 'wahre' Gerade eingezeichnet werden kann. Da jeweils beim

cranialen und caudalen Neutralwirbel so verfahren wurde, konnte je ein "maximaler" und "minimaler" Winkel gemessen werden.

Abb. 5:



Die so gewonnenen Ergebnisse wurden mit den Ergebnissen aus der Krankengeschichte verglichen. Es ergab sich, daß für die vorgegebenen Werte eine Schwankung von durchschnittlich $\pm$ 2° gegenüber den "wahren" Werten angenommen werden muß. Dabei ergab sich in Abhängigkeit von der Qualität der Röntgenbilder als maximale Abweichung $\pm$ 5°, als minimale $\pm$ 0,5°.

2.3.1 Zur 1. Hypothese

1. Messung der Gesamtlänge des versteiften Bezirkes (nach WANDSCHNEIDER, 83)

   Durch die Wirbelmittelpunkte im versteiften Bezirk wurde dem Verlauf der Krümmung folgend ein Faden gelegt, dessen Länge hinterher ausgemessen wurde. Dabei mussen folgende Faktoren beachtet werden:

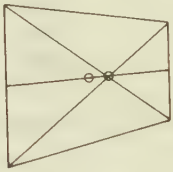
   a) Bei der Konstruktion des Wirbelmittelpunktes bei keilförmig deformierten Wirbeln dürfen nicht die Diagona-

len benutzt werden, da der so gefundene Punkt zur Konkavseite hin verlagert wäre. Halbiert man dagegen die Verbindungslinie der Mittelpunkte der Seite des Wirbels, so erhält man den exakten Wirbelmittelpunkt.

Abb. 6:

Normaler Wirbel:

Keilwirbel:
Linker Punkt = tatsächlicher Wirbelmittelpunkt

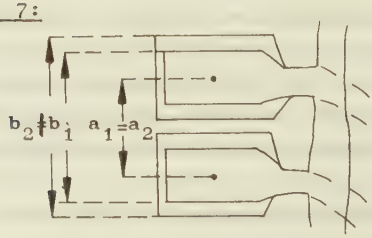


Rechter Punkt = Schnittpunkt der Diagonalen

b) Es werden nur die Wirbel bei der Messung berücksichtigt, die vollständig in den versteiften Bezirk einbezogen sind. Der oberste Wirbel, bei dem die Deckplatte, und der unterste Wirbel, bei dem die Grundplatte nicht fixiert werden, werden nicht mitgemessen (s.a. JOHNSON, 34, SCHEIER, 74).

c) Es wird der Abstand von Wirbelmittelpunkt bis Wirbelmittelpunkt (a) nicht von der Grundplatte des untersten bis zur Deckplatte des obersten Wirbels gemessen (b), da sonst ein Wachstum, das nur den Wirbelkörper betrifft, aber die Bandscheiben komprimiert, fälschlich als Gesamtwachstum aufgezeichnet wird (SCHEIER, 74).

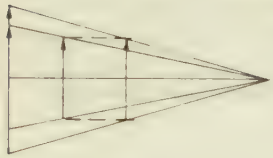
Abb. 7:



Diese Abb. zeigt den Vorgang eines Wachstums, das nicht zur Verlängerung der Wirbelsäule führt. Zwar nimmt der Abstand von der Oberkante bis zur Unterkante zu ($b_2 \neq b_1$), aber nur auf Kosten der Bandscheiben. Die Wirbelmittelpunkte entfernen sich nicht voneinander ($a_1 = a_2$).

d) Die radiologische Projektion (s.a. JOHNSON, 34, SCHEIER, 74): Bei allen Vergleichen von Röntgenaufnahmen müssen die unterschiedlichen Aufnahmebedingungen berücksichtigt werden. Es ist leicht, jeweils den Röhren-Platten-Abstand konstant zu halten, aber der Objekt-Platten-Abstand und damit die Projektion des Objektes auf die Platte ist immer Schwankungen unterworfen, die - wie z.B. eine Körperumfangszunahme - nicht ausgleichbar sind.

Abb. 8a:

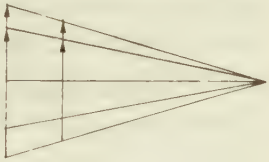


a b

Wird ein Gegenstand von der Pos. a zu der Pos. b bewegt, so ist seine Projektion auf der Platte größer, es entsteht ein Projektionsfehler.

Objekt konstant, Abstand variiert.

Abb. 8b:



Hier wird der Abstand von Gegenstand-Platte-Röhre gleichgehalten, der Gegenstand wächst. Sein vergrößertes Bild auf der Platte gibt ein echtes Längenwachstum wider.

Abstand konstant, Objekt variiert.

Diesen Projektionsfehler können wir bei unseren Messungen berücksichtigen, denn mit dem HARRINGTON-Stab kommt auf allen Röntgenaufnahmen ein Gegenstand zur Darstellung, der seine Größe mit Sicherheit nicht verändert. Der Vergleich seiner Projektion gibt uns einen Korrekturfaktor:

$$\frac{\text{Länge des Stabes Bild 1}}{\text{Länge des Stabes Bild 2}} = f$$

Mit diesem Faktor f werden allen Längenmessungen der zweiten Aufnahme multipliziert, ehe ein Vergleich vor-

genommen wird. Der ebenfalls aus der Zeichnung ersichtliche Vergrößerungseffekt des Objektes auf der Röntgenplatte bleibt unberücksichtigt.

2. Bestimmung des Skelettalters

Zur Festlegung des Skelettalters wurden Röntgenaufnahmen der Hand, die bei Indikationsstellung zur Operation angefertigt wurden, herangezogen. Die Atlanten und Tabellen von SCHMID & MOLL (75) bzw. GREULICH & PILE (18) dienten als Vergleichsgrundlage. Auf die Auswertung des RISSER-Zeichens mußte wegen nur unvollständigen Materials verzichtet werden.

2.3.2 Zur 2. Hypothese

An Messungen benutzten wir nur die Daten aus Tabelle 3 (Seite 52).

2.3.3 Zur 3. Hypothese

1. Messung der seitlichen Höhe der um den Scheitel gelegenen Wirbel

Vor der Messung muß geprüft werden, ob der Grad der Torsion entsprechender Wirbel gleichgeblieben ist. Haben stärkere Veränderungen stattgefunden, ist ein Vergleich nicht sinnvoll. Gemessen werden jeweils der Scheitelwirbel, der nach cranial und der nach caudal angrenzende Wirbel.

2. Messung des Krümmungswinkels, den die drei um den Scheitelpunkt liegenden Wirbel bilden

Die Messung erfolgte nach der Methode von COBB

3. Messung des Krümmungswinkels nach der Methode von FERGUSON

2.4 Ergebnisse

2.4.1 Zur 1. Hypothese

In Tabelle 4 (Seite 63) sind Meßergebnisse und Auswertung für die Länge des versteiften Wirbelsäulenabschnittes enthalten. Die letzte Spalte gibt die Differenz zwischen Bild 2 und Bild 1 an. Wenn der Korrekturverlust durch ein Längenwachstum hervorgerufen wird, dann muß eine Beziehung zwischen dem Ausmaß des Längenwachstums und der Größe des Korrekturverlustes bestehen. Um das zu prüfen, wurde in Tabelle 5 (Seite 64) die Wachstumszunahme der Größe nach aufsteigend geordnet und dem jeweiligen Korrekturverlust gegenübergestellt und graphisch in Abbildung 9 (Seite 65) dargestellt. Eine weitere statistische Bearbeitung erübrigt sich.

2.4.2 Zur 2. Hypothese

In Tabelle 6 (Seite 64) wurde die operative Korrektur (in Prozenten) der Größe nach geordnet und mit dem jeweiligen Korrekturverlust verglichen. Eine Prüfung des Zusammenhanges mit dem KENDALLschen Rangkorrelationskoeffizienten ergab keine Signifikanz auf dem 5 %-Niveau.

2.4.3 Zur 3. Hypothese

In Tabelle 7 (Seite 66) sind die Meßergebnisse der seitlichen Wirbelhöhen sowie deren Differenz angegeben. Vergleicht man diese Differenzen miteinander, so ergibt sich, daß von 36 zu vergleichenden Wirbeln bei 25 nach einem Jahr die Höhe der konkaven Seite im Vergleich zur konvexen zugenommen hat. Unter der Annahme, daß die Höhendifferenzen beider Aufnahmen derselben Grundgesamtheit angehören, ist ein solches Ergebnis rein zufällig nur mit einer Wahrscheinlichkeit von weniger als 5 % zu erwarten, so daß man die Annahme verwerfen kann.

In Tabelle 8 (Seite 67) wird ein ähnlicher Sachverhalt wie in Tabelle 6 wiedergegeben: Ein kompensatorisches Wachstum der Konkavseite führt natürlich dazu, daß der Krümmungswinkel der um den Scheitelpunkt gelegenen Wirbel kleiner wird. Interessant ist dabei nur, den Zusammenhang zwischen dem Verhalten des "zentralen" Krümmungswinkels und dem Korrekturverlust aufzuzeigen. In Tabelle 9 (Seite67) wurde deshalb nach der Größe des "zentralen" Korrekturverlustes geordnet und dem allgemeinen Korrekturverlust gegenübergestellt. In der graphischen Darstellung (Seite 68) ist kein sicherer Zusammenhang erkennbar.

Wenn man diesen Zusammenhang interpretiert, so kommt man zu dem Schluß, daß - dadurch daß die Krümmung in ihrem Scheitel flacher wird - die Neutralwirbel als ganze etwas um ihren Mittelpunkt gekippt werden, so daß bei der Meßmethode nach COBB ein Korrekturverlust aufgezeichnet wird, der dieser Drehung entspricht. Benutzt man eine Meßmethode, die diese Drehung nicht aufzeichnet, so müßte der Korrekturverlust entsprechend geringer sein. In Tabelle 10 (Seite 67) ist das Ergebnis dieser Messung nach FERGUSON wiedergegeben.

Tabelle 4:

Lf. Nr.	Stablänge 1.Bild	Stablänge 2.Bild	Korrekturfakt.	Versteifter WS-Abschnitt in cm 1.Bild	2.Bild	Korrekt. 2.Bild	Diff.korrigiert. 2.Bild - 1.Bild
1	22,5	21,7	1,o4	19	2o	2o,8	+ 1,8
2	2o,7	22,1	0,94	22	23,6	22,2	+ 0,2
3	8,o	8,5	0,94	19,2	20	18,8	- 0,4
4	8,7	8,7	1,0	23,3	23,7	----	+ 0,4
5	23,5	24,8	0,95	25	26	24,7	- 0,3
6	7,o	6,7	1,o4	18,5	17,9	18,6	+ 0,1
7	15,5	16,4	0,95	19	19,6	18,6	- 0,4
8	20,8	22,1	0,94	2o	21	19,7	- 0,3
9	23,8	25	0,95	24,5	25,4	24,1	- 0,4
1o	7,2	7,6	0,95	23,4	24,3	23,o	- 0,4
11	18,5	19,4	0,95	21,5	22,4	21,3	- 0,3
12	28,5	30,o	0,95	23,3	24,o	22,8	- 0,5
13	25,5	24,7	1,o3	25,o	24,3	25,o	± 0

Tabelle 5:

Lfd. Nr.	Differenz	Korrekturverlust
12	- 0,5	3
3	)	12
7	) - 0,4	11
9	)	4
10	)	2
5	- 0,3	5
8	- 0,3	4
11	- 0,2	1
13	± 0	3
6	+ 0,1	9
2	+ 0,2	9
4	+ 0,4	4
1	+ 1,8	15

Tabelle 6:

Lfd. Nr.	Korrektur in %	Korrekturverlust	P	Q	P-Q
10	25,3	2	10	2	8
11	26,1	1	10	1	9
6	37,3	9	3	6	- 3
12	39,0	3	8	1	7
4	43,2	4	5	1	4
7	46,8	11	2	5	- 3
8	47,9	4	4	1	3
13	48,3	0	5	0	5
5	48,9	5	3	1	2
9	51,1	4	3	0	3
1	55,6	15	0	2	- 2
3	59,6	12	0	1	- 1
2	66,3	9			S=32

$S = (P-Q) = 32$

$$\frac{S\sqrt{18}}{\sqrt{n(n-1)\ (2n+5)}} =$$

$$= \frac{32\ \sqrt{18}}{\sqrt{13\ (12)\ (31)}} = 1,$$

Abb. 9: Zu Tabelle 5

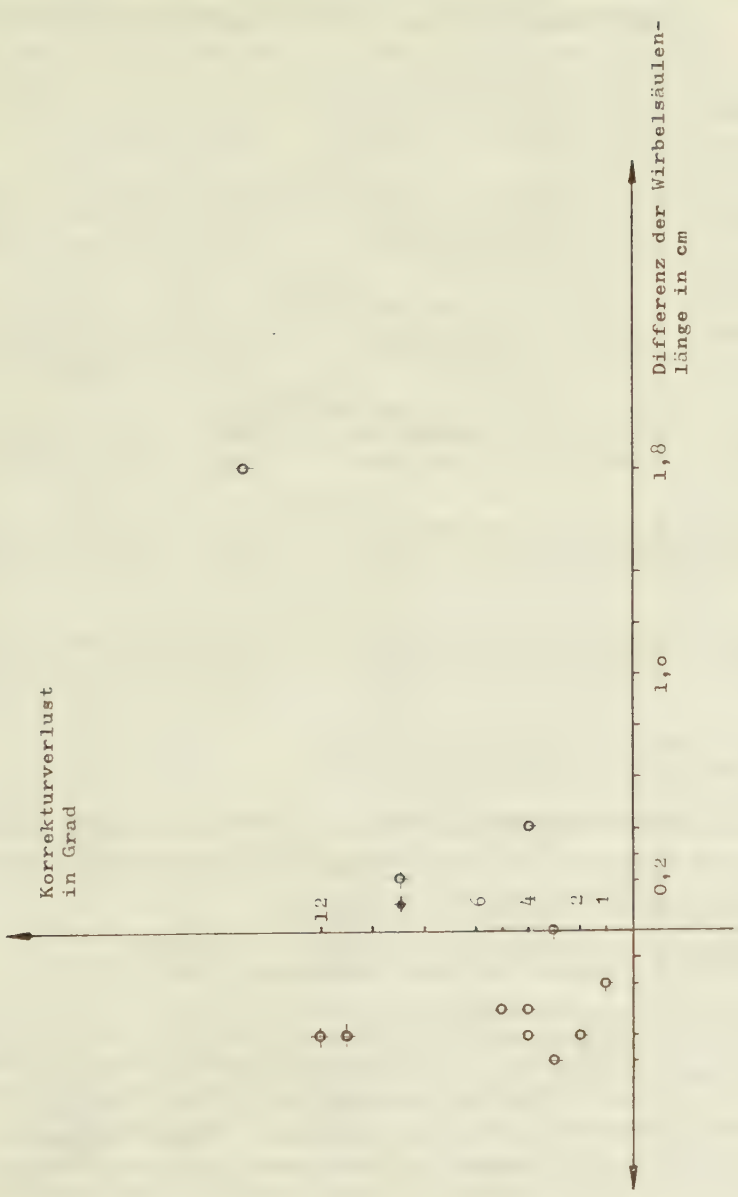


Tabelle 7:

	Bild 1 a)	Bild 1 b)	Bild 2 a)	Bild 2 b)	Diff. c)	Diff. d)			Bild 1 a)	Bild 1 b)	Bild 2 a)	Bild 2 b)	Diff. c)	Diff. d)	
1								8							
cranial	2,1	1,9	2,1	2,o	0,2	0,1			2,2	1,9	2,3	2,1	0,3	0,2	
Scheitelw.	2,2	1,7	2,2	2,o	0,5	0,2			2,4	1,9	2,4	2,1	0,5	0,3	
caudal	2,3	1,8	2,4	2,o	0,5	0,4			2,5	2,o	2,5	2,3	0,5	0,2	
2								9							
cranial	2,o	1,5	2,5	2,o	0,5	0,5	±		2,3	1,3	2,4	1,7	1,o	0,7	
Scheitelw.	2,1	1,6	2,3	2,1	0,5	0,2			2,5	1,7	2,5	2,o	0,8	0,5	
caudal	2,2	1,6	2,5	2,3	0,6	0,2			2,6	2,o	2,7	2,o	0,6	0,7	-
3								10							
cranial	2,1	1,7	2,4	1,9	0,4	0,5	-		2,3	1,9	2,3	1,8	0,4	0,5	-
Scheitelw.	2,3	1,9	2,3	2,o	0,4	0,3			2,5	1,6	2,3	1,8	0,9	0,5	
caudal	2,3	2,1	2,5	2,4	0,2	0,1			2,5	1,6	2,4	1,9	0,9	0,5	
4								11							
cranial	2,1	1,9	2,3	2,1	0,2	0,2	±		2,2	1,8	2,6	2,2	0,4	0,4	±
Scheitelw.	2,5	1,9	2,4	2,o	0,6	0,4			2,5	1,7	2,6	2,2	0,8	0,4	
caudal	2,3	2,3	2,3	2,3	0,o	0,o	±		2,4	1,8	2,5	2,3	0,6	0,2	
5								12							
cranial	2,8	2,7	3,1	3,o	0,1	0,1	±		3,o	2,2	3,o	2,2	0,8	0,8	±
Scheitelw.	2,6	2,2	2,7	2,5	0,4	0,2			3,o	2,3	3,1	2,3	0,7	0,8	±
caudal	2,5	1,9	2,7	2,4	0,6	0,3			3,3	2,5	3,1	2,3	0,8	0,8	
6								13							
cranial	2,3	1,8	2,5	2,1	0,5	0,4			2,5	2,o	2,8	2,2	0,5	0,6	-
Scheitelw.	2,5	2,o	2,6	2,4	0,5	0,2			2,6	2,o	2,5	2,o	0,8	0,5	
caudal	2,5	2,2	2,5	2,3	0,3	0,2			2,6	2,1	2,7	2,2	0,7	0,7	±
7															
cranial	2,o	1,2	2,1	1,4	0,8	0,7									
Scheitelw.	2,2	1,7	2,o	1,5	0,5	0,5	±								
caudal	2,2	1,8	2,1	1,8	0,4	0,3									

Messung der seitlichen Höhe der drei um den Scheitelpunkt liegenden Wirbel:
a) Seitliche Höhe in cm auf der Konvexseite
b) Seitliche Höhe in cm auf der Konkavseite
c) Differenz d. Konvexseite minus Konkavseite Bild 1
d) Differenz d. Konvexseite minus Konkavseite Bild 2

Auswertung mit dem Vorzeichen-Test: Aus inhaltlichen Gründen wird Patient Nr. 12 von der Auswertung ausgeschlossen, er ist als einzige so alt, daß mit Sicherheit kein kompensatorisches Wachstum zu erwarten ist. Somit werden 3 x 12 Wirbel verglichen, also n=36, dabei ist d.Diff. des Bildes 2 r=25 Male kleiner als die Diff. des Bildes 1.

Testgröße ist R=n-r=11 Probe auf Signifikanz $\frac{(n-2R-1)}{\sqrt{n}} \frac{36-22-1}{\sqrt{36}} = 2,16$

Dieser Wert würde b.d.Annahme gleicher Grundgesamtheiten (Nullhypoth nur mit einer Wahrscheinlichkeit unter 5% zufällig auftreten.Die Nul hypothese kann deshalb verworfen werden.

Tabelle 8:

Lfd. Nr.	"Zentraler Krümmungswinkel" Bild 1	Bild 2	Korrekturverlust
1	2o	22	2
2	22	15	- 7
3	1o	18	8
4	22	18	- 4
5	2o	18	- 2
6	18	18	± 0
7	37	37,5	0,5
8	26	23	- 3
9	45	41	- 4
1o	37	38	1
11	27	21	- 6
12	33	33	± 0
13	32	3o	- 2

Tabelle 9:

Lfd. Nr.	Korrekturverlust zentraler	peripherer
2	- 7	9
11	- 6	1
4	- 4	4
9	- 4	4
8	- 3	4
5	- 2	5
13	- 2	3
6	± 0	9
12	± 0	± 0
7	0,5	11
1o	1	2
1	2	15
3	3	12

Tabelle 10:

Lfd. Nr.	°Krümmung FERGUSON Bild 1	Bild 2	°Korrekturverlust FERGUSON	°COBB
1	18	23	5	15
2	24	26	2	9
3	12	1o,5	4,5	12
4	1o	2o	4	4
5	2o	22	2	5
6	11	14	3	9
7	41	44	3	11
8	26	29	3	4
9	44	49	5	4
1o	32	34	2	2
11	3o	29,5	- 0,5	1
12	32	3o	4	3
13	22	2.	4	0

Abb. 10: Zu Tabelle 9

3.0 DISKUSSION

3.1 Zur 1. Hypothese

In der Literatur finden sich immer wieder Beiträge, in denen ein Wachstum der versteiften Wirbelsäule nach der Operation nach HIBBS angegeben wird. So beschreibt GARDEMIN (15) drei Fälle, von denen er annimmt, daß mit Sicherheit eine Höhenzunahme einzelner Wirbelkörper im versteiften Bezirk aufgetreten sei. Die Höhenzunahme "ist absolut und prozentual größer, je jünger der Patient zum Zeitpunkt der Operation war." Weiter schreibt er: "Wir können daraus schliessen, daß das Wachstum nach Wirbelsäulenversteifung in Kurven verläuft, die denen ohne Wirbelsäulenversteifung ähnlich sind." Er bestätigt allerdings eine Beobachtung von RISSER (63), "daß das Breitenwachstum vermindert ist."

Auch WANDSCHNEIDER (75) beschreibt ausführlich zwei Patienten, bei denen ein Wachstum des versteiften Abschnitts aufgetreten ist. Wie SCHEIER (74) hat er keine Erklärung, wie dieses Wachstum vonstatten geht.

RISSER (63), der über erhebliche Erfahrungen mit operierten Kindern unter zehn Jahren verfügt, ist der Ansicht, daß "die Masse der versteiften Wirbelbögen sich in gleichem Maße wie das Wachstum der Wirbelkörper verlängert. Dieses ist möglich durch die biologische Plastizität des Knochens und durch den Wachstumsdruck ..." Auf den Begriff "Plastizität des Knochens" geht RISSER nicht näher ein. Für ein interstitielles Wachstum des Knochens stehen Beweise noch aus.

Im Handbuchartikel von LINDEMANN & MAU (40b) sind die Röntgenbilder eines von RISSER operierten Kindes wiedergegeben; die Versteifungsoperation erfolgte im Alter von 2 Jahren, im Vergleich zu den ersten Bildern nach der Operation scheint die Wirbelsäule im Alter von 12 Jahren auch im versteiften Abschnitt gewachsen zu sein. Auf das Problem der projektionsbedingten Vergrößerung gehen die Autoren nicht ein.

Bei allen zitierten Arbeiten handelt es sich um Einzelbeobachtungen. Dagegen berichtet HALLOCK (22) über 15 Patienten, bei denen in früher Kindheit wegen einer Wirbeltuberkulose eine Spondylodese nach HIBBS durchgeführt wurde. Bei den Nachuntersuchungen,im Durchschnitt 12 Jahre später, bei denen zur Auswertung laterale Röntgenbilder benutzt wurden, fiel folgendes auf: Verengung der Zwischenwirbelspalten, trapezförmige Entwicklung der Endwirbel des versteiften Abschnittes, Unterentwicklung der versteiften Wirbel in Seiten- und Frontalansicht. Die Untersucher konnten ein gewisses Wachstum des versteiften Bezirkes finden. Während der versteifte Abschnitt als ganzes im vorderen Abschnitt (Wirbelkörper) 37 % und im hinteren Abschnitt (Bögen) 45 % weniger wuchs, betrug bei den normalen, in die Versteifung einbezogenen Wirbeln, diese Wachstumsminderung nur 23 % vorne und 36 % hinten des normalen Wirbelwachstums.

Ähnliches berichtet auch CLEVELAND (6), der aber noch darauf hinweist, daß es im Einzelfall auch zu einer Verkleinerung der Versteifungszone kommen kann.

JOHNSON & SOUTHWICK (34) haben die Arbeit von HALLOCK (22) und Mitarbeitern glänzend analysiert und ihre methodischen Fehler aufgedeckt. Zugleich entwickelten sie methodische Kriterien, die auch von SCHEIER (74) sowie ROMPE u.a. (69) anerkannt wurden und in dieser Arbeit berücksichtigt werden. JOHNSON & SOUTHWICK (34) verglichen an ihrem Krankengut ihre Methode mit der von HALLOCK (22) und fanden, daß mit ihrer Methode eine deutlich stärkere Wachstumsverzögerung im versteiften Bezirk zu verzeichnen war als es die Methode von HALLOCK wiedergegeben hätte. Sie konnten jedoch ein gewisses Ausmaß an Wachstum nicht sicher ausschließen. Als wichtigste Erklärung für ein Wachstum nehmen sie Pseudarthrosen an.

In dem großen Überblick von PONSETI & FRIEDMAN (57), die über Nachuntersuchungen von 62 Patienten unter 14 Jahren nach durchschnittlich 6 Jahren und 6 Monaten verfügen, wurde

bei 52 % überhaupt kein Wirbelsäulenwachstum festgestellt. Bei den restlichen 48 % lag das Wachstum zwischen 0,1 - 3 cm, im Mittel bei 1,23 cm. Bei 30 % dieser Patienten war das Wachstum niedriger als 1 cm. Eine Korrelation zwischen dem Alter der Patienten bei der Operation und dem Wachstum im versteiften Bezirk fanden die Autoren nicht, dagegen stellten sie fest, daß es nur in den Fällen zu einem nennenswerten Wachstum im versteiften Bezirk kam, in denen sich eine Pseudarthrose entwickelt hatte, d.h. die Versteifung nicht komplett war. PONSETI & FRIEDMAN (57) stellten eine geringe Höhen- und Breitenzunahme des einzelnen Wirbelkörpers fest, die aber nur zur Einengung des Intervertebralspaltes führte. Angaben über mögliche Meßfehler beim Vergleich von Röntgenaufnahmen enthält diese Arbeit nicht.

WINTER (65) berichtete über die Erfahrungen bei 75 Patienten, die zum Zeitpunkt der Operation 10 Jahre und jünger waren. Er hatte Metallplättchen als Markierung an den Dornfortsätzen implantiert. Die Patienten, bei denen eine Pseudarthrose nachweisbar war, wurden aus der weiteren Untersuchung ausgeschlossen. Von 45 nach durchschnittlich fünf Jahren nachuntersuchten Fällen zeigte keiner ein Spondylodesewachstum von über 1 cm, davon 73 % sogar nur 2 mm oder weniger.

Die Arbeit von ROMPE u.a. (69) ist methodisch sehr sorgfältig, allerdings ohne den unter 2.3.1 c (Seite 58) erwähnten Punkt, daß nicht von Grundplatte des untersten bis Deckplatte des obersten Wirbels der versteiften Zone gemessen werden darf, zu berücksichtigen. Der dadurch entstehende Fehler bewegt sich innerhalb weniger Millimeter (SCHEIER, 74). ROMPE u.a. (69) fanden nur bei 6 von 14 sorgfältig überprüften Fällen Bedingungen vor, die ihnen einen Vergleich sinnvoll erscheinen ließ. Dabei fanden sie einen Längenzuwachs zwischen 0 und 13 mm, den sie mit der durchschnittlichen Wachstumserwartung verglichen. Ihre Folgerung lautet, daß "auch nach Ablauf des ersten Jahres nach der Operation, al-

so nach knöcherner Festigung noch eine weitere Höhenzunahme der Wirbelkörper stattgefunden hat. Der Höhenzuwachs des absoluten Versteifungsbezirkes bleibt hinter den Erwartungswerten vergleichbarer Wirbelsäulenabschnitte bei gleichaltrigen Gesunden um so stärker zurück, je früher spondylodesiert wurde."

SCHEIER (74), der den erwähnten methodischen Fehler vermeidet, kommt zu prinzipiell gleichem Ergebnis. In den beiden letztgenannten Arbeiten erfolgte die Längenmessung anhand der Geraden, die die beiden Endpunkte des versteiften Bezirkes verband, ohne den Verlauf der Krümmung zu berücksichtigen. Die Voraussetzung für dieses Vorgehen, nämlich daß der Krümmungswinkel sich nicht verändert hat, wurde streng beachtet.

Bei allen erwähnten Literaturangaben wurde nach der Methode von HIBBS operiert, es fanden sich keine Berichte über das Längenwachstum im versteiften Bezirk nach einer HARRINGTON-Operation. Vergleicht man die hier angewandte Methodik mit der der anderen Arbeiten, so stellt man fest, daß in dieser Arbeit die wesentlichen Gesichtspunkte angewandt werden. Eine Forderung von JOHNSON & SOUTHWICK (34) konnte keine Berücksichtigung finden: Sie fordern für das Ausgangsbild einen Abstand von vier Monaten nach dem Operationstermin, um sicherzustellen, daß die knöcherne Verspanung fest ist. Von dem zugrunde liegenden Therapieplan her bestand keinerlei Notwendigkeit, zu einem solchen Zeitpunkt zu röntgen; die Lage des HARRINGTON-Stabes wurde routinemäßig kontrolliert, ehe der Patient mit dem COTREL-Gips versehen wurde und belasten durfte. Diese Aufnahme vier Wochen nach Operation erwies sich bisher als genügend, da die Korrektur durch den HARRINGTON-Stab gehalten wurde.

Im Vergleich zur Meßmethode bei ROMPE u.a. (69) bzw. SCHEIER (74), ist das eigene Vorgehen sicherlich mit einem grös-

seren Meßfehler belastet, aber da bei der HARRINGTON-Operation die Enden des versteiften Bezirkes durch den Stab praktisch fixiert sind, kann ein eventuelles Wachstum nur festgestellt werden, wenn man dem Verlauf der Krümmung folgt.

Verglichen mit den genannten Arbeiten ist die eigene Beobachtungsperiode relativ kurz, aber bei dem Alter unserer Patienten ist auch deren normale Wachstumserwartung bereits niedrig.

Die hier gefundenen Ergebnisse spiegeln die Kontroverse in der Literatur wider. Bei einer Patientin konnte mit Sicherheit ein Längenwachstum des versteiften Bezirkes festgestellt werden, ohne daß bei Schräguafnahmen nach einem Jahr eine Pseudarthrose entdeckt wurde. Bei dieser Patientin liegt auch der größte Korrekturverlust vor, was in Einklang mit der ersten Hypothese stehen würde. In der Regel aber wurde kein Wachstum im versteiften Bezirk gefunden. Um dieses Ergebnis zu interpretieren, muß man angeben, wie groß die durchschnittliche Wachstumserwartung bei gleichaltrigen Gesunden ist. Die Angaben in der Literatur zeigen eine erhebliche Streubreite. In Tabelle 11 (Seite 74) haben wir zur Illustration die durchschnittliche Wachstumserwartung des Rumpfes aus zwei verschiedenen Arbeiten dem gemessenen Wirbelsäulenwachstum und dem Skelettalter des Patienten gegenübergestellt. Nimmt man ungefähr die Mitte zwischen den Angaben von ANDERSON (1) und TUPMAN (12), so ist nur bei fünf Patienten mit Sicherheit ein Wachstum zu erwarten gewesen.
Zusammenfassend kann man zur 1. Hypothese sagen:

Von 13 nach HARRINGTON operierten Patienten konnte nur bei einem ein Wachstum im versteiften Bezirk festgestellt werden, zugleich trat bei diesem Patienten ein erheblicher Korrekturverlust auf.
Bezogen auf die durchschnittliche Wachstumserwartung Gesunder wäre bei 5 weiteren Patienten eine Längenzunahme der Wirbel-

säule zu erwarten gewesen, dieses Wachstum trat nach der Operation nicht ein.
Deswegen kann ein Wachstum der Spondylodese auch generell nicht als Erklärung für einen postoperativen Korrekturverlust angesehen werden.

Tabelle 11:

Lfd. Nr.	Skelett-alter	Wachstumserwartung des Rumpfes nach TUPMAN	nach ANDERSON	mit Standard-abweichung
12	>16	0	0	± 0
3	14	0	2,97	± 1,o4
7	12	4,3	8,73	± 1,66
9	16	0	0,73	± 0,58
1o	> 16	0	0	± 0
5	15	0	1,61	± 0,95
8	>16	0	0	± 0
11	13	1,5	5,26	± 1,54
13	12	4,3	8,73	± 1,66
6	14	0,o	2,97	± 1,o4
2	12	4,3	8,73	± 1,66
4	13	1,5	5,26	± 1,54
1	15	0	1,61	± 0,95

Anm.: Die Reihenfolge der Aufzählung entspricht der in Tabelle 5; es wurde wie dort aufsteigend nach der Größe der Wachstumszunahme geordnet.

3.2 Zur 2. Hypothese

MAU (48) hat für die HIBBSsche Operation formuliert: "Offensichtlich besteht doch einerseits ein gewisser Zusammenhang zwischen der Stärke der Aufrichtung und der Größe des postoperativen Korrekturverlustes." Er beruft sich dabei auf RISSER (64), der seinerseits aber präzisiert: "Es ist schwieriger, 30° als 10° Korrektur zu halten. Deswegen muß die Versteifung, um eine größere Korrektur zu halten, stärker sein. Pseudarthrosen kommen bei Patienten, bei denen eine größere Korrektur erreicht wurde, häufiger vor."

Die Veränderung der Spondylodese unter Belastung ist dabei Ausgangspunkt für die Verschlechterung. Bei der HARRINGTON-Operation wird aber der versteifte Bezirk entlastet, zumindest ein großer Teil der Belastung wird von dem Metallstab übernommen. Der kritische Punkt ist jetzt nicht mehr in der Krümmung und im versteiften Bezirk, sondern in der Verankerung des Metallstabes zu suchen. HARRINGTON (23) selbst, der histologische Untersuchungen über die Kontaktstelle zwischen Knochen und Metallhaken vorlegte, schrieb, "daß etwas Knochenarrosion unvermeidlich ist, wo immer Knochen mit Metall in Kontakt ist und unter Druck steht".

Ein Zusammenhang zwischen operativ erreichter Korrektur und Korrekturverlust ist bei der HARRINGTON-Operation nur denkbar, wenn die Knochenarrosion in Abhängigkeit von der operativ erreichten Korrektur stattfindet. Das scheint von der Theorie her nicht sehr wahrscheinlich, nach den empirischen Daten ist der Zusammenhang auf dem 5%-Niveau nicht signifikant. HARRINGTON (23) schreibt, "exzessive Arrosion ist nur zu erwarten, wenn der Druck außergewöhnlich gesteigert wird". Er gibt bei seinen Patienten einen Korrekturverlust von 5 - 15° wegen dieser Knochenarrosion an. W i r f ü h r e n e i n e n w e s e n t l i c h g e r i n g e r e n A n t e i l d a r a u f z u r u c k , n ä m l i c h j e n e 2 - 5° , g e m e s s e n n a c h F E R G U S O N , d i e k o n s t a n t a u f t r a t e n .

3.3 Zur 3. Hypothese

Beobachtungen, daß stark deformierte Keilwirbel unter Entlastung kompensatorisches Wachstum zeigen, lagen bereits von McEWEN (44) vor. Er hatte bei Patienten, die mit dem Milwaukee-Korsett versorgt wurden, bei nur leichtem Fortschreiten der Verbiegung festgestellt: "The curve is now more in the disks and less in the bone." Er folgerte daraus: "Es scheint auch, daß beim wachsenden Kind die Knochenveränderungen reversibler sind als die Weichteilveränderungen, da die Deformität der Zwischenwirbelscheiben oft während der Behandlung mit dem Milwaukee-Korsett zunahm"(Übers.d.Verf.).

Man muß berücksichtigen, daß durch das Milwaukee-Korsett zwar eine gewisse Entlastung der Wirbelsäule erreicht wird - über das Gestell wird ein Teil des Gewichtes über Kinn und Hinterhaupt direkt auf den Beckenkamm übertragen - eine Veränderung der tragenden Elemente selbst wird nicht durchgeführt. Weiterhin tritt der Hauptdruck an der Konkavseite im Scheitelbereich auf. Durch den HARRINGTON-Stab wird ein neues tragendes Element eingefügt, so daß die Krümmung praktisch umgangen wird. Unter diesen viel günstigeren Bedingungen kommt es nicht zu einer Kompression der Zwischenwirbelscheiben am Scheitel, sondern der Druck breitet sich gleichmäßig in der entlasteten Krümmung aus. Die Randpartien der Krümmung können diesem Druck nicht ausweichen, da sie durch den Stab fixiert sind. Wieder geben die schwächsten Teile, die Zwischenwirbelscheiben, nach; sie werden an der Konkavseite etwas komprimiert. In gleichem Maße werden die Wirbel leicht aus der Horizontalen gedreht, was sich bei der Messung nach COBB zeigen muß.

Der erste Teil der Hypothese, daß ein kompensatorisches Wachstum der keilförmigen Scheitelwirbel auftritt, hat sich empirisch bei unserem kleinen Untersuchungsgut bestätigt: Die Konkavseite ist im Vergleich zur Konvexseite nach einem Jahr höher geworden. Auch findet gleichzeitig eine Verbesserung der Krümmung im Scheitelbereich statt.

Der zweite Teil der Hypothese, daß durch dieses kompensatorische Wachstum der nach COBB gemessene Korrekturverlust entsteht, ist nicht so offensichtlich, denn das Ausmaß des "zentralen Wachstums" korreliert nicht mit dem Korrekturverlust. Schon aus statistischer Sicht ist diese Korrelation nicht sehr wahrscheinlich, denn der "zentrale" Korrekturverlust ist in den meisten unserer Fälle so gering, daß er noch in den Bereich der Meßgenauigkeit fällt. Um das auch optisch klarzumachen, sind auf der Zeichnung zu Tabelle 9 (Seite 64) die Bereiche der durchschnittlichen Meßgenauigkeit durch den schraffierten Bezirk angegeben. Man sieht, daß zu wenige Punkte außerhalb dieses Bereiches liegen, als daß irgend ein Zusammenhang nachweisbar wäre.

Auch unter Berücksichtigung der Ergebnisse der beiden anderen Hypothesen wird klar, warum diese Korrelation inhaltlich nicht zu erwarten ist:

Bei der Diskussion der ersten Hypothese hatten wir festgestellt, daß zumindest in einem Falle ein Wachstum des versteiften Bezirkes stattgefunden hat, wenn das auch nicht die Regel ist. Dieses Wachstum aber hat seine Auswirkungen auf den Korrekturverlust.

Bei der Diskussion der zweiten Hypothese hatten wir erwähnt, daß bei der Meßmethode nach FERGUSON, die auf eine Drehung des Wirbels um seinen Mittelpunkt nicht anspricht, ein gewisser Korrekturverlust auftritt. Dieser ist wesentlich kleiner als der nach COBB gemessene und weist eine geringere Streuung auf.

Mit diesen beiden Einschränkungen können wir die dritte Hypothese bestätigen:

Nach der Entlastung der Krümmung durch den HARRINGTON-Stab kommt es zu kompensatorischem Wachstum an der Konkavseite der Scheitelwirbel, was zu dem Korrekturverlust, der nach der COBBschen Methode gemessen wird, beiträgt. Über den ge-

nauen Mechanismus kann man nichts aussagen. Wir nehmen an, daß dieses kompensatorische Wachstum auftritt, ehe die Verspanung fest knöchern durchbaut ist.

3.4 Zusammenfassung

Anhand von Röntgenaufnahmen, die in der vierten Woche postoperativ und nach einem Jahr angefertigt wurden, wurde bei 13 Patienten das Auftreten eines Korrekturverlustes nach der Spondylodeseoperation nach HARRINGTON untersucht. Es fanden sich folgende Ergebnisse:

1. Nur bei einem Patienten fand ein Längenwachstum der Wirbelsäule im versteiften Bezirk statt, das für den Korrekturverlust verantwortlich sein kann. Obwohl auch auf Röntgen-Schrägaufnahmen der Wirbelsäule keine Pseudarthrose entdeckt werden konnte, ist diese nicht mit Sicherheit als Grund für das Längenwachstum auszuschliessen. Der Mechanismus dieses Wachstums bleibt somit ungeklärt.

2. Unter der Entlastung durch den HARRINGTON-Stab kommt es zu einem kompensatorischen Wachstum der Konkavseite der Wirbel in der Scheitelgegend. Dieses kann zu einer Drehung der Randwirbel führen, die sich durch die Methode von COBB messen läßt und fälschlich als Korrekturverlust interpretiert werden kann.

3. Bei allen Operationen kam es zu einem geringen Korrekturverlust zwischen 2 - 5° FERGUSON, der unabhängig von der erreichten Korrektur auftrat.
   Wir führen ihn auf die Knochenarrosion an der Kontaktstelle zwischen Knochen und Metallhaken zurück.

LITERATURVERZEICHNIS

1. ANDERSON,M., HWANG,S.-Ch., GREEN,W.T.: Growth of the normal trunk in boys and girls during the second decade of life
J. Bone Jt. Surg. 47-A (1965) 1554

2. BAUMANN,J.U.: Contraindications in the operative treatment of scoliosis
In: Operative treatment of scoliosis
S. 33
Ed.G.Chapchal, Thieme,Stuttgart 1973

3. BETTE,H.: Die Notwendigkeit der operativen Behandlung für progrediente Skoliosen und die speziellen Operationsindikationen
Verh.dtsch.orthop.Ges.5o(1962)35

4. BLENCKE,A.: Skoliosenstatistik auf Grund der Untersuchung der Magdeburger Schulkinder
Verh.dtsch.orthop.Ges.21(1927)113

5. BLOUNT,W.P., SCHMIDT,A.C.: Das Milwaukee-Korsett
Verh.dtsch.orthop.Ges.41(1955) 221

6. CLEVELAND,M., BOSWORTH,D.M.: Fusion of spine for tuberculosis in children. A longe-range follow-up study
J.Bone Jt.Surg.4o-A (1958) 91

7. COBB,J.R.: Scoliosis - quo vadis?
J.Bone Jt.Surg.4o-A(1958)5o7

8. COBB,J.R.: The problem of the primary curve
J.Bone Jt.Surg.42-A(196o) 1413

9. COLLIS,D.K., PONSETI,I.V.: Long-term follow-up of patients with idiopathic scoliosis not treated surgically
J.Bone Jt.Surg. 51-A (1969) 425

1o. COLONNA,P.C., Vom SAAL,F.: A study of paralytic scoliosis based on 5oo cases of poliomyelitis
J.Bone Jt.Surg. 23-A (1941) 535

11. DUCROQUET,R.: Zur Behandlung der Skoliose
Verh.dtsch.orthop.Ges.5o(1963) 136

12. ENNEKING,W.F., HARRINGTON,P.R.: Pathologic changes in scoliosis
J. Bone Jt. Surg. 51-A (1969) 1o5

13. FABRY,G.: Surgical treatment of scoliosis
In: Operative treatment of scoliosis
S. 9,
Ed.G.Chapchal, Thieme,Stuttgart,1973

14. FARKAS,A.: The pathogenesis of idiopathic scoliosis
J.Bone Jt. Surg. 36-A(1954) 617

15. GARDEMIN,H.: Röntgenologische Veränderungen nach operativer Versteifung der Wirbelsäule
Verh.dtsch.orthop.Ges.5o(1962) 111

16. GEORGE,K., RIPPSTEIN,J.: A comparative study of the two popular methods of measuring scoliotic deformity of the spine
J.Bone Jt.Surg. 43-A (1961) 8o9

17. GOLDSTEIN,L.A.: The surgical management of scoliosis
Clin.Orthop. No. 77 (1971) 33

18. GREULICH,W.W., PYLE,S.I.: Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist
Stanford, Stanford University Press 1959

19. GRUCA,A.: The pathogenesis and treatment of idiopathic scoliosis
J. Bone Jt. Surg. 4o-A (1958) 57o

2o. GRUCA,A.: Surgical treatment of scoliosis in children
In: Operative treatment of scoliosis, S. 1o8
Ed. G.Chapchal,Thieme,Stuttgart, 1973

21. GUCKER,T.: Experiences with poliomyelitic scoliosis after fusion and correction
J.Bone Jt. Surg.38-A(1956) 1281

22. HALLOCK,H., FRANCIS,K.C., JONES,J.B.: Spine fusion in young children
J.Bone Jt.Surg.39-A (1957) 481

23. HARRINGTON,P.R.: Treatment of scoliosis. Correction and internal fixation by spine instrumentation
J. Bone Jt. Surg. 44-A (1962) 591

24. HARRINGTON,P.R.: The surgical technique in the application of Harrington instruments in the scoliotic spine
In: Operative treatment of scoliosis, S. 41,
Ed.G.Chapchal,Thieme,Stuttgart,1973

25. HARRINGTON,P.R.: "The missing link" (A case report) In: Scoliosis and Growth,S. 1o5 Ed.P.A.Zorab, Churchill Livingstone, Edinburgh and London,1971

26. HUBER,H.J.: Ergebnisse der Skolioseoperationen Verh.dtsch.orthop.Ges.5o(1962)65

27. JAMES,J.I.P., LLOYD-ROBERTS,G.C., PILCHER,M.F.: Infantile structural scoliosis J.Bone Jt.Surg. 41-B (1959) 719

28. JAMES,J.I.P.: Idiopathic scoliosis. The prognosis, diagnosis, and operative indications related to curve patterns and the age of onset J.Bone Jt.Surg. 36-B (1954) 36

29. JAMES,J.I.P.: Paralytic scoliosis J.Bone Jt.Surg. 38-B (1956) 66o

3o. JAMES,J.I.P.: Infantile idiopathic scoliosis Clin. Orthop. 77 (1971) 57

31. JENTSCHURA,G.: Zum Verlauf der sagittalen Wirbelsäulenverkrümmung bei idiopathischen Skoliosen Zbl. Chir. 9o (1965) 1954

32. JENTSCHURA,G.: Klinik der Skoliose. In: Handbuch der Orthopädie, Bd. II, S. 257 Hrsg. G. Hohmann,M.Hackenbroch und K.Lindemann, Thieme,Stuttgart,1953

33. JENTSCHURA,G.: Zur Früdiagnose der Säuglingsskoliose Z.Orthop. 8o (1957) 2o5

34. JOHNSON,J.T.H., SOUTTER,R.O.: Bone growth after spine fusion J. Bone Jt. Surg. 42-A (1960) 139

35. KLOPFER,H.: Zur konservativen Behandlung paralytischer Skoliosen Z. Orthop. 9o (1957) 5o4

36. KOH,T.T.: Principles of preventive treatment of scoliosis. In: Operative treatment of scoliosis, S. 1 Ed.G.Chapchal, Thieme,Stuttgart,1973

37. LANGE,M.: Die operative Behandlung der Skoliose Z.Orthop. [illegible] (1957) 41

38. LANGE,M.: Internistische Beobachtungen bei Skoliose
Verh. dtsch.orthop.Ges.5o(1962)47

39. LEGER,W.: Bedeutung der Röntgenaufnahme zur Beurteilung der Indikation der Skolioseoperation und der Behandlungsergebnisse
Verh.dtsch.Orthop.Ges.5o(1962)85

40a LINDEMANN,K.: Ätiologie und Pathogenese der Skoliose
In: Handbuch der Orthopädie,Bd.II, S. 16o

40b LINDEMANN,K., MAU,H.: Die Behandlung der Skoliose
in: Handbuch der Orthopädie,Bd.II, S.278
Hrsg.:G.Hohmann,M.Hackenbroch und K.Lindemann,
Thieme,Stuttgart, 1958

41. LLOYD-ROBERTS,G.C., PILCHER,M.F.: Structural idiopathic scoliosis in infancy
J.Bone Jt. Surg. 47-B (1965) 52o

42. LOMÍČEK,M., DRDKOVÁ,S.: Estimations of prognosis in the idiopathic scoliosis
In: Operative treatment of scoliosis, S. 19
Ed. G. Chapchal, Thieme,Stuttg. 1973

43. LOMÍČEK,M., MATĚJOVSKÝ,Z.: Indication for therapy in idiopathic scoliosis. In: Operative treatment of scoliosis, S. 17
Ed.G.Chapchal, Thieme,Stuttgart,1973

44. MacEWEN,G.D.: Factors affecting the growth of the vertebral bodies and the intervertebral discs
In: Scoliosis and growth S. 4o
Ed.P.A.Zorab, Churchill Livingstone, Edinburgh and London,1971

45. MAKLEY,J.T., HEIPLE,K.G.: Scoliosis associated with congenital deficiencies of the upper extremity
J. Bone Jt. Surg. 52-A (197o) 279

46. MAU,H., KRAMER,W.G.: Grundlagen und Techniken der Skoliosebehandlung in den USA
Arch.orthop.Chir. 49 (1957) 231

47. MAU,H.: Idiopathische Skoliosen - enchondrale Dystosen (Dysostotische Theorie der Skolioseentstehung)
Z.Orthop.93 (196o) 317

46. MAU,H.: Zur Beurteilung von Behandlungsmethoden und -ergebnissen bei Skolioseoperationen
Z.Orthop. 97 (1963) 164

49. MAU,H.: The conventional operative treatment of scoliosis and its evaluation
In: Operative treatment of scoliosis, S.129
Ed.G.Chapchal,Thieme, Stuttgart,1973

50. MEZNIK,F.: Surgical treatment of scoliosis - indications and contraindications
In: Operative treatment of scoliosis
S. 26
Ed.G.Chapchal, Thieme,Stuttgart,1973

51. MOE,J.H., KETTLESON,D.N.: Idiopathic scoliosis.
Analysis of curve patterns and preliminary results of Milwaukee-brace treatment in one hundred sixty-nine patients
J.Bone Jt.Surg. 52-A (1970) 1509

52. MOE,J.H.: The Milwaukee-brace in the treatment of scoliosis
Clin. Orthop. 77 (1971) 1[illegible]

53. MOE,J.H., GUSTILO,R.B.: Treatment of scoliosis
J.Bone Jt. Surg. 46-A (1964) 293

54. MURDOCH,G.: Scoliosis in twins
J. Bone Jt. Surg. 41-B (1959) 756

55. NACHEMSON,A., BJURE,J.: The future for the patient with nontreated scoliosis
In: Operative treatment of scoliosis, S. 4
Ed.G.Chapchal, Thieme, Stuttgart, 1973

56. NASH,Jr.,C.L., MOE,J.H.: A study of vertebral rotation
J. Bone Jt. Surg. 51-A (1969) 223

57. PO[illegible]SETI,I.V., FRIEDMAN,B.: Changes in the scoliotic spine after fusion
J. Bone Jt. Surg. 52-A (1970) 751

58. PO[illegible]SETI,I.V.: Die Behandlung der Skoliose
Verh.dtsch.orthop.Ges. 50([illegible]) [illegible]

59. PO[illegible]SETI,I.V., FRIEDMAN,B.: Prognosis in idiopathic scoliosis
J. Bone Jt. Surg. 52-A (1970) [illegible]

60. PORT,K.: Pathologie und Therapie der Skoliose auf Grund von Röntgenstudien
Arch.orthop.Chir.30 (1932) 379

61. RATHKE,F.W.: Spezielle Pathogenese der Skoliose
In: Handbuch der Orthopädie, Bd. II, S. 188
Hrsg. G.Hohmann, M.Hackenbroch und K.Lindemann,
Thieme, Stuttgart, 1973

62. RISSER,J.C.: Scoliosis: past and present
J. Bone Jt. Surg. 46-A (1964) 167

63. RISSER,J.C.: Das Wachstum der Wirbelsäule und seine Beeinflussung durch versteifende Operationen
Verh.dtsch.orthop.Ges.45 (1957) 201

64. RISSER,J.C., NOROUIST,D.M.: Follow-up study of the treatment of scoliosis
J.Bone Jt. Surg. 40-A (1958) 355

65. ROAF,R.: The basic anatomy of scoliosis
J. Bone Jt. Surg. 48-B (1966) 786

66. ROAF,R.: Paralytic scoliosis
J. Bone Jt. Surg. 38-B (1956) 640

67. ROAF,R.: Vertebral growth and its mechanical control
J. Bone Jt. Surg. 42-B (1960) 40

68. ROMPE,G., KOCH,F.: Limits of indications in dorsal spondylodesis
In: Operative treatment of scoliosis, S. 37
Ed.G.Chapchal, Thieme, Stuttgart, 1973

69. ROMPE,G., SILVA,E., JAHNS,E.: Beobachtungen zur Frage des Längenwachstums operativ versteifter Wirbelsäulenabschnitte bei Skoliosen
Z.Orthop. Bd. 104 (1968) 513

70. SCHEDE,Fr.: Der Skoliosekeim
Z. Orthop. 49 (1928) 76

71. SCHEDE,Fr.: Die Ergebnisse der Skoliosebekämpfung an der orthopädischen Klinik Leipzig auf Grund 15jähriger Erfahrung
Verh.dtsch.orthop.Ges.33(1938) 310

72. SCHEIER,H.: Prognose und Behandlung der Skoliose
Thieme, Stuttgart, 1967

73. SCHEIER,H.: Conservative treatment of scoliosis
In: Operative treatment of scoliosis, S. 4
Ed. G.Chapchal, Thieme,Stuttg.,1973

74. SCHEIER,H.: Spondylodese und Wachstum
Z.Orthop. 106 (1969) 430

75. SCHMID,F., MOLL,H.: Atlas der normalen und pathologischen Handskelettentwicklung
Springer Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg, 1960

76. SCHMORL,G. JUNGHANNS,H.: Die gesunde und kranke Wirbelsäule in Röntgenbild und Klinik, 2.Aufl.
Thieme, Stuttgart,1951

77. SCHULTHESS,W.: Die Pathologie und Therapie der Rückgratsverkrümmungen
In: Joachimsthal,G.: Handbuch der orthop. Chirurgie,Bd. I/2.
Fischer, Jena,1905-1907

78. SHANDS,A.R., EISBERG,H.B.: The incidence of scoliosis in the state of Delaware
J.Bone Jt.Surg. 37-A(1955)1243

79. STAGNARA,P.: Erfahrungen mit 254 Skoliosearthrodesen nach Redression
Verh.dtsch.orthop.Ges.50(1962)130

80. STOPE,H.: Wirbelsäulenganzaufnahme bei Skoliosen
Verh.dtsch.Orthop.Ges.45(1957) 193

81. TAMBORNINO,J.M., ARMBRUST,E.N., MOE,J.H.: Harrington instrumentation in correction of scoliosis
J.Bone Jt. Surg. 46-A (1964) 313

82. TUPMAN,G.S.: A study of bone growth in normal children and its relationship to skeletal maturation
J.Bone Jt.Surg. 44-B(1962) 42

83. WANDSCHNEIDER,H.: Zur Frage des Wirbelsäulenwachstums nach operativer Versteifung
Z.Orthop. 98 (1964) 429

84. WILSON,R.L., LEVINE,D.B., DOHERTY,J.H.: Surgical treatment of idiopathic scoliosis
Clin.Orthop. 81 (1971)34

85. WINTER,R.B.: The effects of early fusion on spine growth
In: Scoliosis and growth,S.98
Ed. P.A.Zorab, Churchill Livingstone, Edinburgh and London,1971

86. WYNNE-DAVIES,R.: Familial (idiopathic) scoliosis
J.Bone Jt. Surg. 5o-B (1968) 24

87. ZAOUSSIS,A.L., JAMES,J.I.P.: The iliac apophysis and the evolution of curves in scoliosis
J.Bone Jt. Surg. 4o-B (1958)442

88. ZIELKE,K.: Comparison of postoperative results with scoliosis operated by the method of either Risser-Hibbs or Harrington
In: Operative treatment of scoliosis, S. 1o4
Ed. G.Chapchal,
Thieme, Stuttgart,1973

Für die Überlassung dieses Themas und das fördernde Interesse möchte ich Herrn Professor Dr. med. Günter Friedebold, meinem Doktorvater, danken.

Mein Dank gilt ebenfalls Frau Oberarzt Dr. med. Zapfe für ihre freundliche Unterstützung.

LEBENSLAUF

Am 21.6.1945 wurde ich als Sohn der Eheleute Gisela und Werner Thimm in Melsungen/Hessen geboren.

In Düsseldorf besuchte ich die Grundschule und das Humboldt-Gymnasium. 1964 bestand ich die Reifeprüfung am Karls-Gymnasium in Stuttgart.

In den folgenden zwei Jahren war ich bei der Bundeswehr, seit 1969 bin ich anerkannter Wehrdienstverweigerer.

Im April 1966 begann ich das Medizinstudium in Berlin. Im Wintersemester 1969/70 und im Sommersemester 1970 studierte ich an der Universität Hamburg. Anschließend führte ich mein Studium an der Freien Universität Berlin zu Ende, das medizinische Staatsexamen bestand ich am 21.2.1972.

Meine Medizinalassistentenzeit verbrachte ich in Berlin am Rudolf-Virchow-Krankenhaus (Innere Medizin), am Städtischen Krankenhaus Neukölln (Chirurgie), an der Kinderklinik Wedding, an der Kinderklinik am Mariendorfer Weg und am Oskar-Helene-Heim.

Zur Zeit bin ich als Assistenzarzt an der Kinderklinik am Mariendorfer Weg beschäftigt.